



Green World Journal

ISSN: 2737-6109

Sustainable green ecosystems



CaMeRa

ISSN: 2737-6109

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.

Volume 6 / Issue 2 / May – August 2023

Green World Journal

Volume 6 / Issue 2 / May – August 2023

Prof. Carlos Mestanza Ramón, Ph.D.

Editor-in-Chief

editor@greenworldjournal.com

Chimborazo Polytechnic School

Riobamba, Ecuador

carlos.mestanza@espoch.edu.ec

University of Calabria

Rede, Italy

mstcls88h06z605e@studenti.unical.it

University of Seville

Seville, Spain

cmestanza@us.es

Cover Design : CaMeRa Editorial

Cover Image : CaMeRa Editorial

Editorial Office

Vía Nueva Loja – El Coca Km3 – margen derecho, sector la playa; Nueva Loja, EC210150, Ecuador



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

CaMeRa
ISSN: 2737-6109

RESEARCH ARTICLE

Comportamiento estructural de cubiertas tipo tenso membranas empleando el método de elementos finitos

Katherine J. Chacón Zagal¹  Dennis B. Villavicencio Bustamante¹  David P. Guerrero Cuasapaz¹  

¹ Universidad Politécnica Salesiana, Departamento de Ingeniería Civil – Quito, Ecuador.

 Correspondencia: dguerrero@ups.edu.ec  + 593 99 576 1929

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62061>

Resumen: La ingeniería estructural a través del tiempo se ha dedicado a la búsqueda de sistemas y materiales cada vez más ligeros, encontrando así las llamadas tensas membranas o estructuras ligeras basadas en estructuras que combinan membranas y cables de acero convirtiéndose en la solución óptima para cubrir espacios que la actividad humana requiere a diario. En el presente artículo se analizó el comportamiento de tres diferentes formas de tenso membranas con una misma luz de 17 m, aplicando el método de elementos finitos MEF con la ayuda de paquetes computacionales como SAP2000 y ANSYS Workbench, iniciando con un prediseño de elementos tomando como referencia las solicitaciones de carga de la normativa NEC-2015 y ASCE 7-16, dando como resultado concentraciones de esfuerzos en las regiones de apoyos principales en los modelos tipo arco, deformaciones y variaciones de resistencia con valores críticos en la membrana de forma tipo paraboloide hiperbólico en la región central con un valor de 216 MPa debido al diseño de las estructuras soportes tipo cable de la membrana, evidenciándose la deficiencia en la transferencia de esfuerzos en los apoyos existentes.

Palabras claves: ANSYS, deformaciones, discretización esfuerzos, MEF, tenso membranas.

Structural behavior of tensile membrane roofs using the finite element method

Abstract: Structural engineering over time has been dedicated to the search for increasingly lighter systems and materials, thus finding the so-called tensile membranes or lightweight structures based on structures that combine membranes and steel cables becoming the optimal solution to cover spaces that human activity requires on a daily basis. In this article is analyzed the behavior of three different forms of tensile membranes with the same span of 17 m, applying the FEM finite element method with the help of computational packages such as SAP2000 and ANSYS Workbench, starting with a pre-design of elements taking as a reference the



Citation: Chacón Zagal, K. J., Villavicencio Bustamante, D. B., & Guerrero Cuasapaz, D. P. (2023). Comportamiento estructural de cubiertas tipo tenso membranas empleando el método de elementos finitos. *Green World Journal*, 6(2), 61.
<https://doi.org/10.53313/gwj62061>

Received: 01/Mar/2023

Accepted: 03/May/2023

Published: 18/May/2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

load stresses of the NEC-2015 and ASCE 7-16 standards, resulting in stress concentrations in the main support regions in the arch type models, deformations and resistance variations with critical values in the hyperbolic paraboloid type membrane in the central region with a value of 216 MPa due to the design of the cable-type support structures of the membrane, evidencing the deficiency in the transfer of stresses in the existing supports.

Keywords: ANSYS, deformations, stress discretization, FEM, tensile membranes.

1. Introducción

La implementación de estructuras tensadas en los últimos años ha abierto un nuevo camino en el diseño arquitectónico y estructural, presentando una amplia diversidad a las cubiertas tradicionales [1]. Destacando en este avance las tenso membranas consideradas estructuras textiles ligeras, flexibles e impactantes no solo visualmente sino amables con el medio ambiente [2], además de útiles en cubiertas por ser un sistema que obedece a las funciones de este elemento estructural [3], entre sus características principales está la de proporcionar resistencia y rigidez a la estructura orientado a lo que se busca en la actualidad, adaptabilidad y menor inversión económica [4], pues este tipo de estructuras requiere de poco material y menos tiempo de construcción en relación a los diseños estándares, garantizando la perdurabilidad en el tiempo. Entre los textiles comúnmente utilizados están los materiales plásticos como el PVC, fibra de vidrio con teflón, poliéster y en algunos casos fibra de carbono [5], responsables de brindar la fuerza a la estructura tensada capaz de resistir los actos extrínsecos no estructurales a la que la cubierta pueda estar sujeta principalmente a los cambios climáticos.

En el caso de las cubiertas de tenso membranas de acuerdo con el uso estructural que se le va a dar se aprecian las condiciones climáticas y las necesidades específicas del proyecto donde se busca que cumplan con una serie de propiedades idóneas para el óptimo funcionamiento de las mismas [6]. Las cuales dependen del diseño estructural, ya que deben vislumbrar la resistencia a los esfuerzos estructurales y la flexibilidad para adaptarse a la forma deseada [7], siendo las primordiales particularidades la fuerza a la tracción y la elasticidad [8], que en cuanto a las combinaciones de materiales se puede aumentar la resistencia o condiciones diversas a las que estén impuestos [9].

En el diseño de una cubierta tensada existe una diferencia notable entre una cubierta metálica por los requerimientos de diferentes métodos de análisis para lograr su funcionamiento [10], que parten de la combinación de formas geométricas generadas, las cuales se ajustan a las necesidades de cada espacio, encontrándose entre las formas básicas el paraboloide, hiperbólica, arco o conoide [11], como se muestra en las figuras 1, 2, 3.



Figura 1. Cubierta tensada semiarco [12].



Figura 2. Cubierta tensada paraboloide hiperbólica [12].



Figura 3. Cubierta tensada forma de arco [12].

Estas formas particulares consideradas para el diseño estructural son estudiadas para conocer el comportamiento de la estructura, para lo cual se aplica el método de elementos finitos (MEF o FEA, siglas en inglés de Finite Element Analysis) [13] que es una técnica numérica implementada para solucionar problemas de ingeniería, mediante la resolución con métodos numéricos que permite la discretización de ecuaciones diferenciales para caracterizar fenómenos físicos del mundo real [13].

El método de elementos finitos en la modalidad computarizada posibilita predecir cómo reaccionará un elemento ante los diversos factores como fuerzas, vibración, calor, flujo de fluidos y otros efectos físicos del mundo real [14]. En otras palabras, muestra si este elemento se romperá, desgastará o funcionará como se espera [15].

Con el aporte de paquetes computacionales los problemas de análisis estructural se pueden resolver mediante el método de elementos finitos (MEF) para obtener simulaciones en software como el SAP2000 y ANSYS Workbench que permiten analizar tensiones y deformaciones cuando se las somete a cargas [3], además de predecir posibles problemas con el diseño [11].

Debido a la escasa investigación respecto a las tenso membranas en el Ecuador surge el interés de conocer que forma tiene un óptimo comportamiento al estar sometido al mismo estado de carga, por esta razón se realizó una comparación para luces de 17 m con la finalidad de encontrar los parámetros que permitan mayor resistencia y menor deformación para cada una de las formas

Lograr un diseño apropiado es el objetivo principal de una simulación en elementos finitos, porque permite analizar las deformaciones y esfuerzos cuando un elemento está sometido a cargas. Los desplazamientos y deformaciones generalmente están relacionados con la funcionalidad de la estructura, mientras que el esfuerzo con la seguridad y confiabilidad [16].

Esta investigación permitió recopilar la información referente al comportamiento estructural de diferentes formas de cubiertas tipo tenso membranas, empleando el método de elementos finitos mediante herramientas como el SAP2000 y el Ansys Workbench, que permite visualizar de forma

simulada los esfuerzos y deformaciones que se presentan en dichas estructuras al estar sometidas a las mismas condiciones de carga.

2. Materiales y métodos

Para el análisis planteado fue preciso establecer dimensiones de un proyecto real, para este caso se presentaron 3 modelaciones de tenso membrana basándose en las diferentes formas existentes conformadas con una misma luz de 17 metros. Para los modelos de tenso membranas, se consideró que el diseño estructural cuente con apoyos en elementos rígidos como columnas, arcos o pórticos [17]. En el caso del modelo 1 este se apoya en 5 pórticos semiarcos con vigas de forma lineales donde reposa la membrana como se muestra en le figura 4, por otra parte, en la figura 5 el modelo 2 posee 4 columnas de apoyo en forma puntuales situados en bordes exteriores con un sistema de cables y tirantes. En el modelo 3 con un arcos y vigas tipo U como apoyos de forma lineales con sistemas de tensado como se presenta en la figura 6.

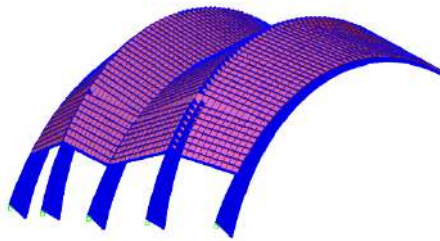


Figura 4. Tenso Estructura modelada en 3D (Modelo 1).

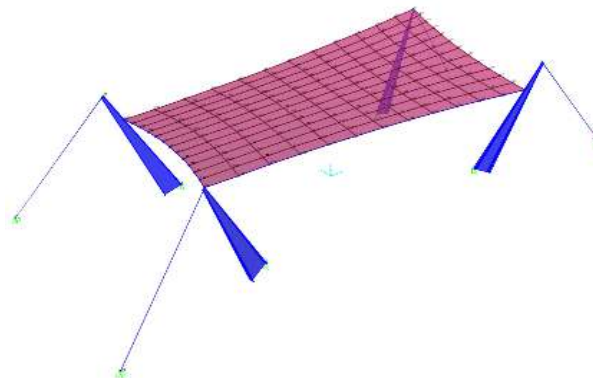


Figura 5. Tenso Estructura modelada en 3D (Modelo 2).

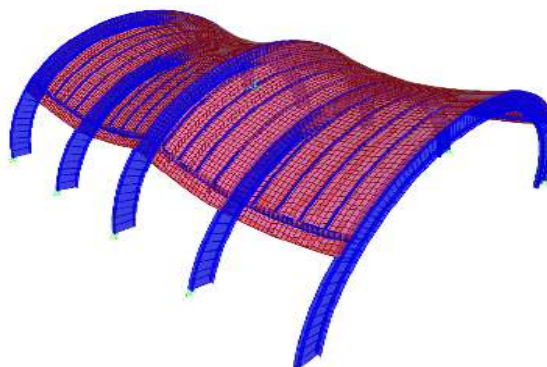


Figura 6. Tenso Estructura modelada en 3D (Modelo 3).

Para las cubiertas se consideró una membrana Fluomax constituida por tejido de poliéster recubierto de PVDF como se muestra en la figura 7 [12].

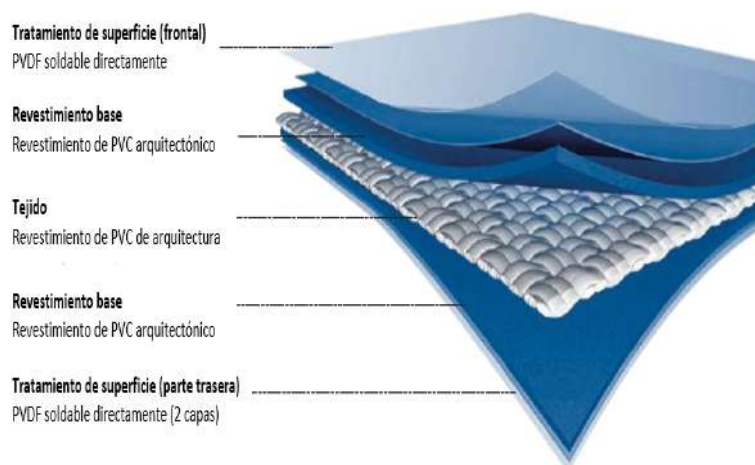


Figura 7. Vista de la Membrana. [12]

Las propiedades de la membrana PVDF contempladas se presentan en la tabla 1.

Tabla 1: Ficha técnica membrana [12].

Descripción	Unidad	Tipo de membrana
Espesor	mm	0,55
Peso	g/m ²	650
Ancho estándar	cm	300
Resistencia a la tracción	MPa	330
Resistencia a la flexión	MPa	600
Módulo de elasticidad	MPa	21.500

Esta estructura está soportada con secciones conformadas en acero encontradas en el mercado cuyas propiedades se muestran en la tabla 2 y 3. Dichas secciones fueron modeladas como estructura metálica con la ayuda de paquete computacional CAD, iniciando con un prediseño para obtener el modelo final de la fase de simulación vía MEF tanto para el SAP2000 como para el Ansys Workbench.

Tabla 2: Ficha técnica acero [18].

Descripción	Unidad	Laminados en caliente
Densidad	kg/m ³	7.850
Módulo de Young	MPa	200.000
Coeficiente de Poisson	-	0,3
Esfuerzo de fluencia	MPa	250
Resistencia a la tracción	MPa	460

Tabla 3:Ficha técnica acero cables [18].

Descripción	Unidad	Laminados en caliente
Densidad	kg/m ³	7.850
Módulo de Young	MPa	200.000
Coeficiente de Poisson	-	0,3
Esfuerzo de fluencia	MPa	1.690
Resistencia a la tracción	MPa	1.860

2.1 Cargas

Las cubiertas son estructuras livianas a las que se le aplicaron cargas no sísmicas tanto permanentes como variables las cargas vivas, de viento y de granizo según la normativa vigente ecuatoriana de construcción NEC-2015 CPE INEN-NEC-SD-CG 26-1 [19] que dictan las directrices para las cargas mínimas a considerar en edificios y otras estructuras, las cuales se detallan a continuación.

2.1.1 Cargas No- Sísmicas

a. Carga muerta

La carga muerta considerada como el peso propio de la membrana PVDF Fluomax Tipo 0: con un peso total de 0,65 Kg/m² y espesor de 0,55 mm [12].

b. Carga viva

El valor de la sobrecarga establecida la NEC-2015 del capítulo Cargas no sísmicas en la Tabla 1.2. Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas seleccionada como cubierta tipo toldo o carpa [19] "Construcción en lona apoyada sobre estructura ligera" de 24,47 Kg/m² para tenso estructura la carga viva es de 51 Kg/m² [19].

c. Carga de viento

Para determinar las cargas de viento se consideraron los lineamientos de la sección 6.5 de la ASCE 7-10 [20]; con el fin de calcular la presión de barlovento y sotavento como se detalla en la tabla 4.

Tabla 4:Cargas de viento barlovento, sotavento y cubierta.

Descripción	Unidad	Parámetros
Velocidad instantánea máxima de viento	m/s	21
Velocidad de diseño	m/s	18,06
Coeficiente barlovento	s. u	+0,8
Coeficiente sotavento	s. u	-0,5
Presión barlovento	kg/m ²	19,46
Presión sotavento		-12,16
	kg/m ²	

2.1.1. Cargas Accidentales

a. Carga sísmica

La determinación del coeficiente de cortante basal se realizó basándose en la ubicación de Quito-Ecuador y la norma NEC-15 en su capítulo: Peligro Sísmico y diseño sismo resistente establecidos en el código CPE INEN-NEC-SE-DS 26-2 [19], con los siguientes parámetros que se pueden apreciar en la tabla 5.

Tabla 5: Parámetros para determinar el coeficiente de cortante basal.

Descripción	Parámetros
Relación amplificación espectral	2,48
Tipo de suelo	D
Zona sísmica	V
Factor de ubicación de proyecto	1
Factor de aceleración de zona sísmica	0,40
Factor de sitio F_a	1,2
Factor de sitio F_d	1,4
Factor de sitio F_s	1,5
Factor de importancia	1,0
Factor de reducción de respuesta	2,00
Factor de regularidad en elevación y planta	1
Coeficiente de cortante basal	0,595

2.2 Combinaciones de carga NEC-2015

En el diseño de la estructura se plantearon todas las combinaciones expuestas en la sección 6.4.3 de la NEC-15 [19] para estudiar el estado límite de resistencia, que se plantean en la tabla 6.

Tabla 6: Combinaciones de carga utilizadas.

Descripción	Combinación
Combinación 1	1,4D
Combinación 2	1,2D+1,6L+0,5max [Lr; S; R]
Combinación 3	1,2D+1,6 max [Lr; S; R] +max [L;0,5W]
Combinación 4	1,2D+1,0W+L+0,5max [Lr; S; R]
Combinación 5	1,2D+1,0E+L+0,2S
Combinación 6	0,9D+1,0W
Combinación 7	0,9D+1,0E

D: Carga Muerta, L: Carga Viva, Lr: Sobrecarga de Cubierta,
S: Granizo, R: Lluvia, W: Viento, E: Sismo

NOTA: (*) Para las combinaciones 3, 4 y 5: $L=0,5 \text{ kN/m}^2$ si $L_0 \leq 4.8 \text{ kN/m}^2$ (excepto para estacionamientos y espacios de reuniones públicas) [19].

En las cubiertas tipo tenso membrana, las cargas sísmicas no son representativas debido a la pequeña masa [21], por lo que el efecto sísmico no se cuantificó en las combinaciones.

2.3 Soportes de Fijación

Las tenso estructuras adquieren estabilidad al ser sometidas a tracción, por lo tanto, las uniones desempeñan un rol protagónico ya que, se deberá garantizar la correcta transferencia de dichos esfuerzos de un elemento a otro [22].

Los apoyos podrán ser rígidos o flexibles, puntuales o lineales, y situarse en el interior o en los bordes exteriores.

Para el análisis de los modelos 1 y 3 los apoyos se representaron de manera lineal como se muestra en la figura 8.



Figura 8. Apoyo de fijación tipo lineal [17].

En la figura 9 se presenta el tipo de apoyo modelado como soporte fijo donde restringe las deformaciones en los ejes principales X, Y y Z.

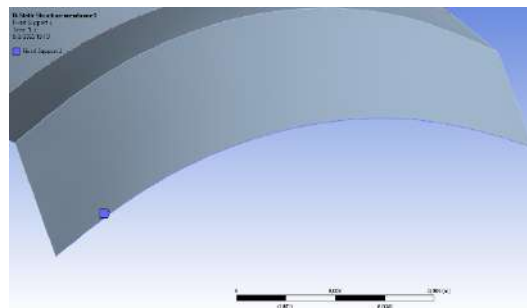


Figura 9. Representación de apoyo lineal Ansys Workbench.

En la figura 10 se observa el apoyo existente en el modelo 2.

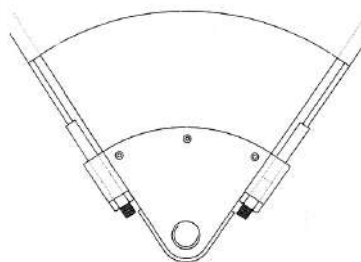


Figura 10. Apoyo donde los cables de borde están articulados y se pueden ajustar [17].

En donde se representó como se muestra en la figura 11 generando así un apoyo puntual que restringe los grados de libertad en todas sus direcciones para el análisis de la tenso membrana.

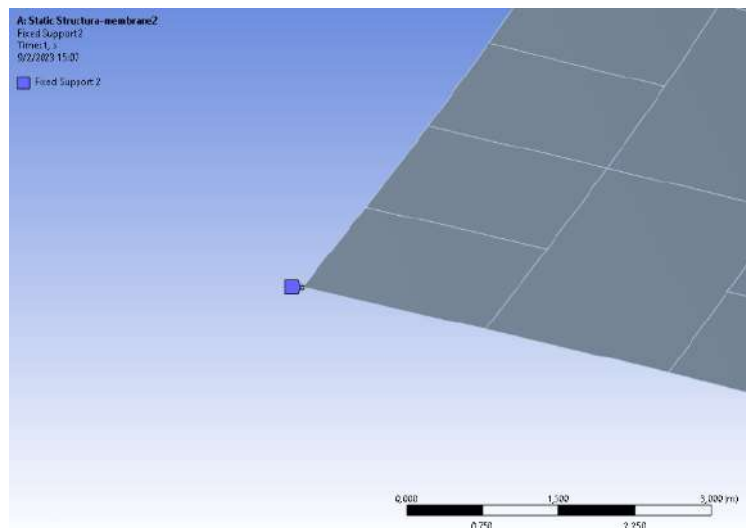


Figura 11. Apoyo donde los cables de borde están articulados y se pueden ajustar

2.4 Calidad del Mallado

La calidad de la malla tiene un papel fundamental en la precisión de los resultados, esta depende de la cantidad, el tamaño de los nodos y el tipo de elementos de malla. Por lo tanto, cuanto menor sea el tamaño de malla y más elementos, más precisos serán los resultados del análisis. Debe considerarse que los resultados de la simulación no se ven afectados significativamente en términos del tamaño de elementos óptimos [23].

El dominio espacial discreto se conoce como la cuadrícula o malla compuesta de elementos y nodos.

Por malla estructurada se entiende toda discretización cuya conectividad sigue un patrón reticular. Por esta razón, en este tipo de mallas se utilizan fundamentalmente elementos cuadriláteros (2D) o hexaédricos (3D) [18]

El Ansys utiliza distintas verificaciones para medir la calidad de los elementos del mallado y discretización tales como:

- *Relación de Aspecto (Aspect Ratio)*

La relación de aspecto de un elemento se define como la relación entre la arista más larga y la normal más corta desde un vértice hasta la cara opuesta normalizada a un tetraedro perfecto. Por definición, un elemento tetraédrico perfecto tiene una relación de aspecto de 1,0 [23].

- *Relación del Jacobiano (Jacobian Ratio)*

Una de las mejores medidas de la calidad de la malla es la relación de Jacobi, el número que define qué tan buena o mala es una celda. El Jacobiano es una medida de la normal de la cara de un elemento en relación con otras caras. Un valor de 1 indica muy buena calidad de malla, mientras que valores negativos o superiores indican una calidad ineficiente [23].

En la tabla 7 se presentan los valores óptimos para una buena calidad de mallado:

Tabla 7: Parámetros de control de mallado [24].

Parámetros de Control	Malla	Valores Aceptados
Oblicuidad	máx: 0.96 prom: 4.95×10^{-3}	< 0.98
Ortogonalidad	mín.: 0.31 máx: 1	> 0.15
Jacobian Ratio	máx: 1	< 1
Maximum Aspect	19.65	< 50

A continuación, en las tablas 8,9,10 se muestran los parámetros de control obtenidos para un mallado ideal.

Tabla 8: Parámetros de control (Modelo 1).

Parámetros	Unidad	Factor
Dimensión del elemento	m	0,22
Jacobian Ratio	–	0,955
Nodos	u	9.961
Cantidad de elementos	u	9.843

Tabla 9: Parámetros de control (Modelo 2)

Parámetros	Unidad	Factor
Dimensión del elemento	m	0,10
Jacobian Ratio	–	0,976
Nodos	u	26.877
Cantidad de elementos	u	26.571

Tabla 10: Parámetros de control (Modelo 3)

Parámetros	Unidad	Factor
Dimensión del elemento	m	0,22
Jacobian Ratio	–	0,968
Nodos	u	7.702
Cantidad de elementos	u	7.549

Entre los parámetros encontrados se destaca el valor del ratio Jacobiano en la membrana del modelo 2 por estar aproximado a 1 lo que indica que la calidad del mallado es óptima con una dimensión de elementos de 0,10 m con la forma parabólica hiperbólica presentada en la figura 13.

Por otra parte, las cantidades de nodos en el modelo 2 son representativas en relación con el modelo 1 y 3 las cuales se pueden observar en el mallado correspondiente para cada uno de los modelos en las figuras 12,13,14.

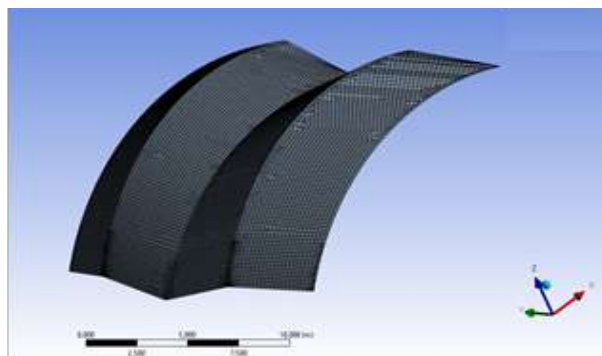


Figura 12. Mallado ideal Modelo 1 (Ansys Workbench)

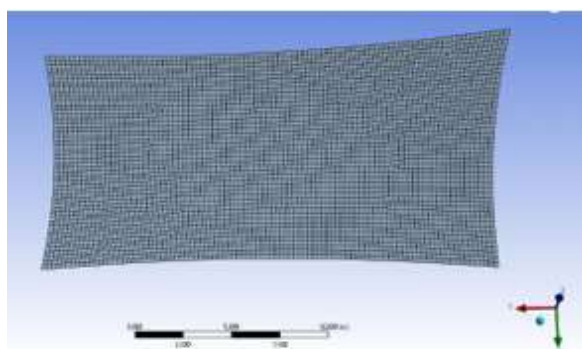


Figura 13. Mallado ideal Modelo 2 (Ansys Workbench).

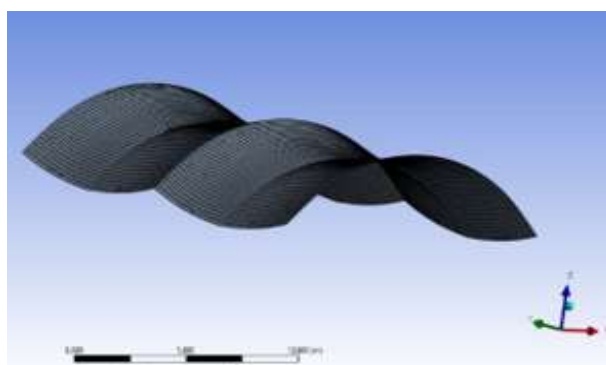


Figura 14. Mallado ideal Modelo 3 (Ansys Workbench)

2.5 Esfuerzos y deformaciones

La solución de un sistema continuo sigue las reglas de los problemas discretos, donde los conjuntos se ensamblan a partir de elementos, de tal manera obtener una respuesta a nivel de

desplazamientos, deformaciones y esfuerzos parámetros que se pueden resumir mediante las siguientes ecuaciones 1, 2 y 3 [3].

$$\{u\} = \{ux \ uy \ uz\} \quad (1)$$

$$\{\varepsilon\} = \{\varepsilon_x \ \varepsilon_y \ \varepsilon_z \ \gamma_{xy} \ \gamma_{yz} \ \gamma_{zx}\} \quad (2)$$

$$\{\sigma\} = \{\sigma_x \ \sigma_y \ \sigma_z \ \tau_{xy} \ \tau_{yz} \ \tau_{zx}\} \quad (3)$$

Donde $\{u\}$ es el vector de desplazamiento, $\{\sigma\}$ la tensión normal, $\{\tau\}$ la tensión tangencial, $\{\varepsilon\}$ la deformación unitaria y $\{\gamma\}$ la rotación [3].

Richard Von Mises propuso una teoría para predecir las propiedades de los materiales dúctiles utilizando las Ecuaciones 4 y 5 para determinar la tensión y la deformación [3].

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2]} \quad (4)$$

$$\varepsilon_e = \frac{1}{1+\nu} \sqrt{\frac{1}{2}[(\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2 + (\varepsilon_y - \varepsilon_z)^2 + (\varepsilon_z - \varepsilon_x)^2]} \quad (5)$$

Esta suposición es esencial en el análisis para asegurar que la tensión máxima no exceda la tensión de flexión, evitando así la deformación permanente a lo largo de la superficie de la membrana [24].

Dentro de este marco de ideas, el método de los elementos finitos se basa en transformar un objeto de naturaleza continua en un modelo aproximadamente discreto, esta transformación se denomina discretización del modelo, y cuando se acerca a la geometría se denomina discretización física [21].

3. Resultados

El estudio del comportamiento estructural de las tres cubiertas de tenso membrana contempló las solicitaciones de cargas a las que están sometidas, así como el modelado de estas, las cuales fueron importadas al SAP2000 y ANSYS Workbench que mediante el método de elementos finitos (MEF) se le realizaron las simulaciones.

A continuación, se explican cada una de ellas:

3.1 3.1 Simulación Modelo 1

La resistencia en el punto de fluencia o el esfuerzo de cedencia se considera generalmente como el esfuerzo máximo que puede tolerarse [25].

Con la simulación del prediseño realizado en SAP2000 se analizó el comportamiento estructural de la cubierta con la combinación número 2 que se visualiza en la tabla 6 siendo esta la más crítica, dando como resultado un esfuerzo máximo de 88,98 MPa la cual está dentro del parámetro que se especifica en la tabla 1. Asimismo existe una deformación con un valor de 0,0150 m, dichos resultados se visualizan en la figura 15 y 16.

El catálogo de Fluomax indica las propiedades de la membrana dando una resistencia a la tensión de 330 MPa, el cual se puede observar que cumple [12].

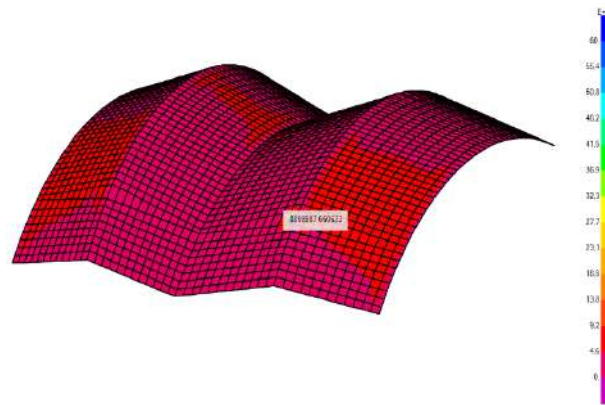


Figura 15. Análisis de esfuerzos de la cubierta en la 1 (Shell Stresses en el SAP 2000)

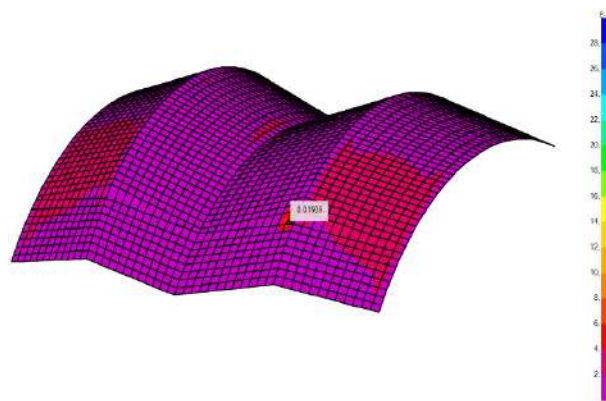


Figura 16. Análisis de deformación de la cubierta (Shell Strains en el SAP 2000)

En la simulación Ansys Workbench la calidad del mallado cuenta con un ratio Jacobian 0,955 lo cual se puede constatar que está dentro de los rangos descritos en la tabla 7, teniendo en consideración que un valor de 1 significa que la calidad de mallado es excelente [23], con estos parámetros de control se obtuvieron resultados mayores que en la etapa de prediseño, por lo que se describe que el esfuerzo para el modelo 1 alcanza un valor de 92,18 MPa y una deformación de 0,0393 m; es decir, estos resultados son aproximados en la simulación de Ansys con el comportamiento real de la estructura. Se verifica también que estos se encuentran dentro de los límites de resistencia descritos en la tabla 1.

En la figura 17 y 18 se puede visualizar que los esfuerzos y deformaciones se generan en el primer tercio de la membrana donde se encuentran los apoyos principales, estos valores se pueden constatar cuantitativamente en la tabla 10.

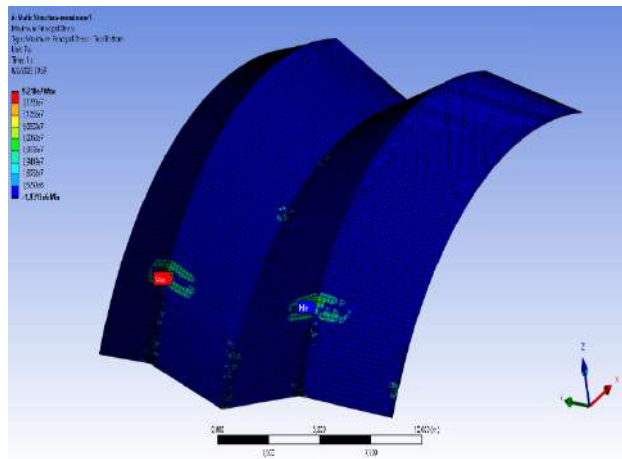


Figura 17. Esfuerzo total máximo (Ansys Workbench).

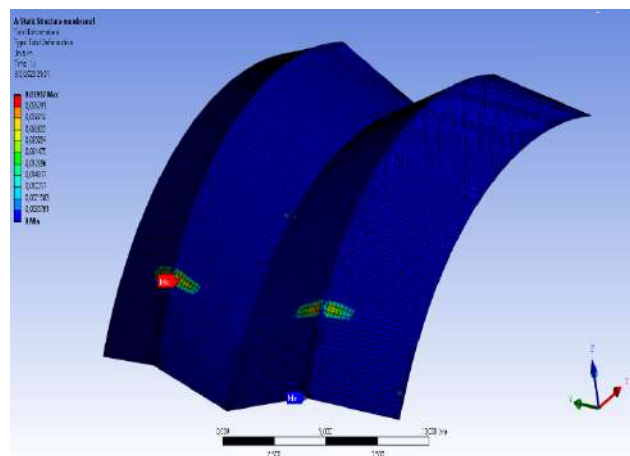


Figura 18. Deformación total máxima (Ansys Workbench).

Tomando en comparación los resultados obtenidos en esta simulación de Ansys, una vez que se optimizó el mallado y se empleó las ecuaciones correspondientes para el método de elementos finitos, se observa que estos se ven afectados considerablemente con los parámetros obtenidos en la etapa de prediseño como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 11: Tabla resultados Modelo 1.

Parámetros	Unidad	SAP2000	ANSYS
Esfuerzo máx.	MPa	88,98	92,18
Deformación	m	0,0150	0,0393

3.1 Simulación Modelo 2

En la simulación número 2 se encontró un comportamiento irregular de acuerdo al diseño estructural seleccionado con base en los resultados de esfuerzos y deformaciones. En las figuras 19 y 20 se puede visualizar que la estructura posee un resultado de esfuerzo de 9.933 MPa superando la resistencia máxima permitida descrita en la tabla 6 y una deformación de 0,51 m.

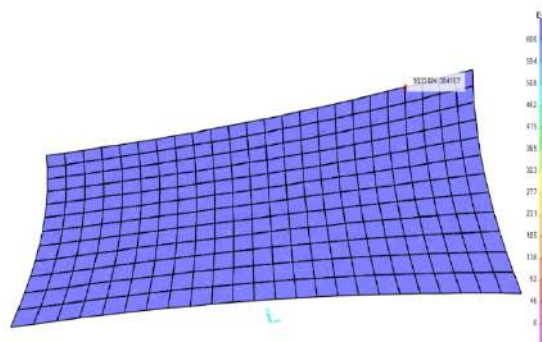


Figura 19. Análisis de esfuerzos de la cubierta en (Shell stresses en el SAP 2000).

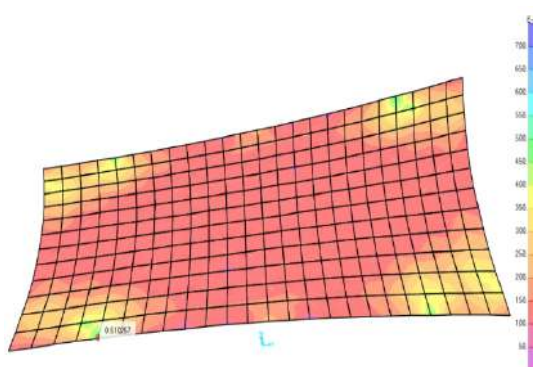


Figura 20. Análisis de deformación de la cubierta (Shell strains en el SAP 2000).

Para dar solución al diseño estructural con la finalidad de mejorar el comportamiento de la membrana, se contempló una nueva modelación aumentando el espesor inicial de 0,55 mm a un espesor de 1,39 mm.

Además, se adicionó elementos tipo tirantes las cuales son elementos constructivo, generalmente cables de acero, o barras que soportan esfuerzos de tracción, sirven para aumentar la resistencia y la estabilidad de una estructura. [26], en el cual se pudo constatar que la membrana mejora el contraste de colores teniendo valores de esfuerzos de 207 MPa como se puede apreciar en la figura 19; sin embargo en la figura 20 podemos observar la deformación en un valor de 0,11 m con la solución planteada.

Estos nuevos parámetros de esfuerzo y deformación varían en un promedio de 87 %; es decir, el comportamiento estructural de la membrana con forma de paraboloide hiperbólico mejoró considerablemente.

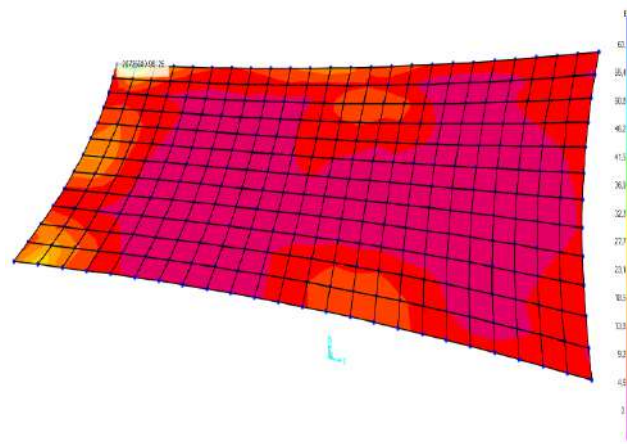


Figura 21. Análisis de esfuerzos de la cubierta (Shell Stresses en el SAP2000).

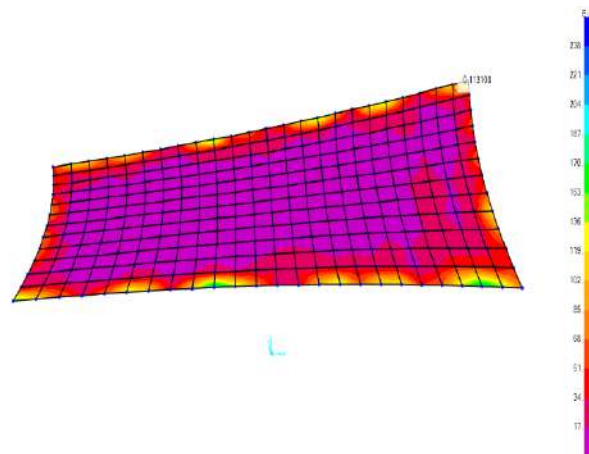


Figura 22. Análisis de deformación de la cubierta (Shell stresses en el SAP 2000).

En la figura 21 y 22 se pueden apreciar que las simulaciones en Ansys se evidencia que los esfuerzos y las deformaciones máximas se encuentran establecidas en las regiones de apoyos, generando de tal manera un desgarre de la membrana a largo plazo. A pesar de haber contado con un índice Jacobiano de 0,976 que se presentó en la tabla 9, siendo este mayor al obtenido en el modelo 1 y modelo 3, el comportamiento de la membrana fue deficiente en comparación a los modelos tipo semiarcos y arcos.

Cuantificando los parámetros de esfuerzo y deformación una vez aplicado el método de elementos finitos, en la simulación de Ansys, se puede destacar que el valor de esfuerzo es de 216 MPa y la deformación en un valor de 0,127 m como se visualiza en la figura 21 y 22.

Teniendo así un 57 % de aumento en términos de esfuerzos en comparación con el modelo 1 y un 67 % de incremento en caso de deformaciones tomando como referencia el modelo 1.

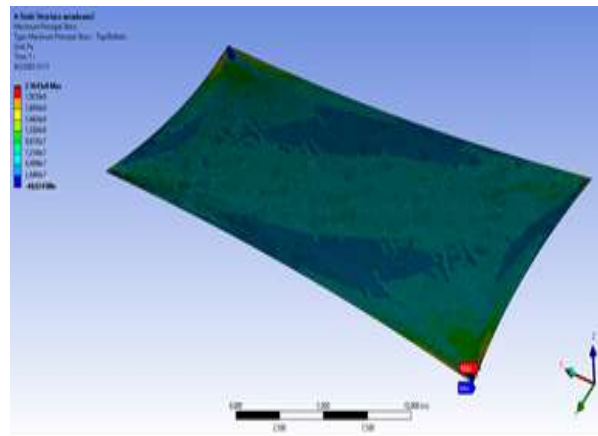


Figura 23. Esfuerzo total máximo (Ansys Workbench).

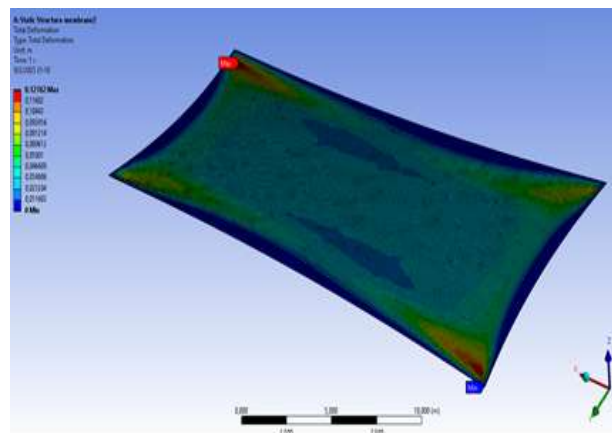


Figura 24. Deformación total máxima (Ansys Workbench).

En la tabla 11 se puede observar que los valores producidos en la etapa de prediseño simulados en SAP2000 se aproximan a los resultados obtenidos en el paquete computacional Ansys, aplicado para el análisis de elementos finitos, contando en esta etapa con un mallado optimizado.

Tabla 11: Tabla resultados Modelo 2 solución.

Parámetros	Unidad	SAP2000	ANSYS
Esfuerzo máx.	MPa	204	216
Deformación	m	0,103	0,127

3.2 Simulación Modelo 3

Al generar la solución del análisis estructural en esta última modelación en SAP2000 se presentaron valores en cuanto deformación total y principales esfuerzos, donde se tiene un valor máximo de la deflexión de 0,022 m y de esfuerzo máximo equivalente a 147,89 MPa como se muestran en la figura 23 y 24.



Figura 25. Análisis de esfuerzos de la cubierta en la (Shell stresses en el SAP 2000).

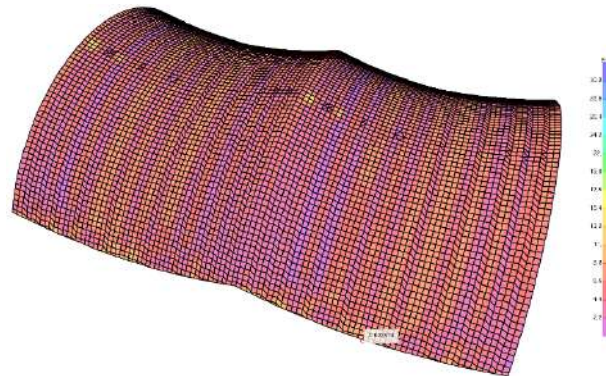


Figura 26. Análisis de deformación de la cubierta (Shell stresses en el SAP 2000).

Los resultados obtenidos en la etapa de SAP2000 como prediseño, son valores aproximados en comparación con los resultados obtenidos una vez empleado el método de elementos finitos y los respectivos parámetros de control para un mallado optimizado, en la simulación de Ansys, estos valores se los presenta en la tabla 13.

Se observa que los parámetros principales que se analizan en esta investigación se producen en las regiones de apoyos, es decir, en este modelo número 3 la presencia tanto de esfuerzo como deformación se las obtuvieron en la región lateral de la membrana, en el arco de apoyo como se visualiza en las figuras 25 y 26.

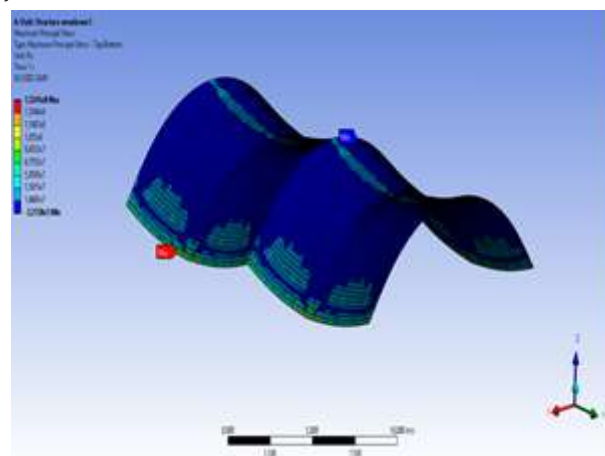


Figura 27. Esfuerzo total máximo (Ansys Workbench).

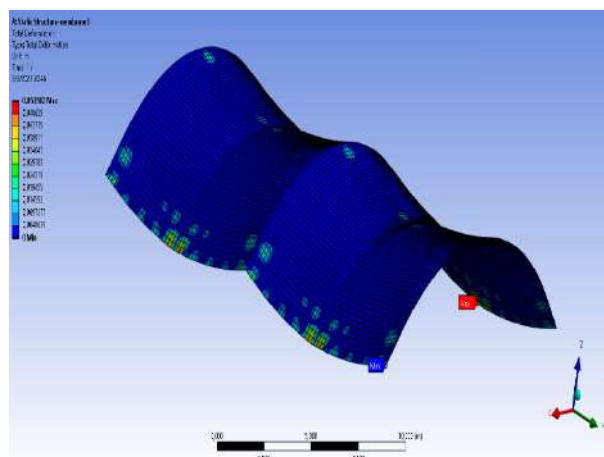


Figura 28. Deformación Total máxima (Ansys Workbench).

En cuanto al análisis estructural, el principal esfuerzo hallado se encuentra dentro de los parámetros de resistencia límite que nos indica la tabla 1, con un valor de 152,41 MPa y una deformación a flexión de 0,0535 m como se presentan en la tabla 13. Comparando estos resultados con el análisis de la primera modelación se visualiza que estructuralmente difieren en un 40 % para un parámetro de esfuerzo y un 25 % para deformación por encima de los resultados obtenidos.

Tabla 13: Tabla resultados modelo 3.

Parámetros	Unidad	SAP2000	ANSYS
Esfuerzo máx.	MPa	147,89	152,41
Deformación	m	0,0225	0,0535

4. Conclusión

En el análisis estructural del comportamiento de las cubiertas de tenso membranas mediante el método de elementos finitos en el paquete computacional SAP2000 se destaca que los diseños en los modelos apoyados en semiarcos y arcos cumplen con los parámetros establecidos de resistencia a tracción y flexión, ya que cuentan con un diseño estructural óptimo porque la membrana se apoya continuamente sobre los pórticos en arco lo que le proporciona un soporte continuo que permite la transferencia de las fuerzas o cargas a lo largo de la longitud de apoyo.

Conforme a los valores presentados en el modelo 2 con la forma de paraboloide hiperbólico apoyado en columnas y cables los cuales fueron representados como apoyos puntuales se pudo constatar que, en el diseño estructural planteado, existen irregularidades constatando que la forma de paraboloide hiperbólico cubre espacios con luces menores a los 17 m planteados. Para la cual se generó opción de solución aumentando el espesor de la membrana y adicionando elementos tipo cables concluyendo así que la membrana logró tener la resistencia necesaria para su óptimo funcionamiento. Es una de las principales limitaciones, que la distancia entre mástiles aumenta

proporcionalmente con la cantidad de acero a utilizar; por ende, aumentan los costos para este tipo de cubiertas livianas.

Por lo tanto, las cubiertas de tenso membrana analizadas pueden ser usadas en estructuras con pórticos tipo arco como en canchas deportivas, plazas comerciales y espacios con grandes luces a cubrir, que además estas cuenten con vigas de soporte donde repose la membrana empleando los apoyos respectivos tal que transmitan los esfuerzos generados por las distintas solicitaciones de carga presentes en la normativa NEC-15 a los elementos principales. Es por ello que, la profundidad en este tipo de investigación deja varios caminos que se pueden cubrir, un ejemplo claro es evaluar el comportamiento de una forma de estructura con la finalidad de encontrar la luz máxima que está puede llegar a resistir antes las diferentes solicitaciones de carga y propiedades mecánicas de materiales estándar.

Contribución de autores: Contribución de autores: idea y conceptualización, P.G., K.C. y D.V.; metodología, P.G., K.C. y D.V.; software, D.V., K.C. y P.G.; validación, D.V., K.C. y P.G.; investigación, D.V., K.C. y P.G.; redacción, D.V., K.C.; Revisión, P.G.; supervisión, P.G.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- [1] Pedroza, E., et al. "Tenso-estructuras de cubierta." CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica 12.56: 69-78. 2015
- [2] Pinto Campos, B.C. Arquitectura y diseño flexible: una revisión para una construcción más sostenible. Tesis doctoral, UPC, Departament de Representació Arquitectònica, 2019.
- [3] Páez Redrován, C. D., & Guerrero Cuasapaz, D. P. Cubiertas autoportantes circulares aplicando el método de elementos finitos. Gaceta Técnica, 23(1), 72-91. 2022.
- [4] Vidal Ruiz, E. La relación entre forma y estructura en la arquitectura y en la ingeniería civil: Frei Otto y Emilio Pérez Piñero, 2017.
- [5] Hernández Palacios, J. C. "Evaluación técnico-económica de una cubierta anticlástica ligera para un área deportiva en instalaciones de una escuela de educación básica." Instituto de Ingeniería y Tecnología (2018).
- [6] Taboada Matute, C. F. Análisis y diseño para el mejoramiento del complejo polideportivo del distrito de Oyotún, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque utilizando estructuras especiales, 2020. 2021.
- [7] Morales Guzmán, C. C. Desarrollo de un sistema transformable en las cubiertas plegables tensadas para espacios multifuncionales. Doctoral Dissertation, Arquitectura. 2019
- [8] Rivas Reyero, Carolina. "Matices tensados: evolución y nuevas aplicaciones de las estructuras tensadas." (2018).
- [9] Sarrión Sos, H. Propiedades y aplicaciones de los polímeros sintéticos en la construcción. Diss. Universitat Politècnica de València, 2019.
- [10] Morales Guzmán, C. C. "Diseño de cubiertas plegables experimentales bajo factores de cargas de viento y sismo." Procesos Urbanos 7.1: 1-14. 2020
- [11] López Navarro, A. Tipologías estructurales para grandes luces. Diss. Universitat Politècnica de València, 2018.
- [12] Construx. Catalogo Sioen Tensile Architecture: Architectural membranes. Overview Fluomax qualities, 2022.
- [13] Woge, O. G., Morán, C. O. G., & Chau, A. L. (2020). Introducción al método del elemento finito: Solidworks y Matlab. Ideas en Ciencias de la Ingeniería, 1(1), 27-47.

- [14] Montero, L. Á. G., García, J. C. F., & Roche, S. B. E. Enfoque procedimental en el diseño curricular de la asignatura Autodesk Robot para Ingenieros Civiles. MUNDO RECURSIVO, 5(2), 166–185. 2022
- [15] Bolaños Ponce, F. G. Análisis y diseño estructural comparativo entre techo de estructura portante de celosía y techo de membrana autoportante para el Coliseo Municipal Miguel Grau en el distrito de Paucarpata–Arequipa, 2018.
- [16] Proyecto básico estructural de cubierta ligera mediante membrana tensada para el recinto de pelota valenciana" Regidor Vicent Mascarell". Real de Gandía (Valencia). 2022.
- [17] Llorens Duran, Josep Ignasi de. "Los detalles constructivos de las tenso estructuras" España Escuela de Arquitectura de Barcelona Palma, 2011
- [18] ASTM A36. Clasificación: Aceros al carbono estructurales. 2022
- [19] NEC-SE-CG, "Norma ecuatoriana de la construcción. Cargas no sísmicas" Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), Ecuador, 2015
- [20] ASCE 7–16, "Minimum design loads and associated criterio for buildings and other structures" American Society of Civil Engineers (ASCE), E.E.U.U., 2016
- [21] Cancino Yáñez, R. I. "Estructuras de grandes luces con uso de cables y cubierta flexible." (2018).
- [22] Fernández Satz M.C, Mansilla J. (2016). Membranas Textiles (Bachelor's thesis, PUCE). Fabregat Barberán, F. (2022).
- [23] Molina Baño, I. R., & Vilaña Peña, D. A.. Simulación numérica de contacto entre superficies con movimiento relativo para predicción de desgaste en cojinetes de fricción de aleación de aluminio (Bachelor's thesis, Quito, 2018.).
- [24] Lee HH. Finite Element Simulations with ANSYS Workbench 2022: Theory, Applications, Case Studies.: SDC publications; 2022.
- [25] Enrique Cortés González Mecánica de sólidos. Universidad Nacional Autónoma de México: Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán publications; 2022.
- [26] Luisa Vásquez , Cargas y Esfuerzos, Elementos de una Estructura Educación tecnológica 2021.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Análisis de la diversidad de aves y plantas en diferentes coberturas de vegetación en la finca experimental "La Represa", Quevedo - Ecuador

Ana Moreno-Vera ¹  Edwin Jimenez-Romero ²  Robinson J. Herrera-Feijoo ²  
Mercedes Carranza ²  Jorge Saltos-Navia ³ 

¹ Facultad de Ciencias Biológicas y Pecuarias, Universidad Técnica del Estado de Quevedo (UTEQ), Av. Quevedo. Quito km, 1 1/2 Vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo 120550, Ecuador.

² Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo Av. Quito km, 1 1/2 Vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo 120550, Ecuador.

³ Facultad de Ciencias Sociales, Educación Comercial y Derecho, Universidad Estatal de Milagro (UNEMI), Milagro 091050, Ecuador

 Correspondencia: rherreraf2@uteq.edu.ec  + 593 0980563032

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62062>

Resumen: La biodiversidad es un componente clave para mantener el equilibrio y el correcto funcionamiento de los ecosistemas, lo que a su vez contribuye a la supervivencia de la humanidad. Es por esto que la investigación de la fauna y flora, en particular de las aves y plantas, es fundamental para desarrollar políticas y estrategias efectivas de conservación y promover un desarrollo sostenible en armonía con la naturaleza. De esta manera, se puede garantizar la protección de los recursos naturales y su uso sostenible para las generaciones presentes y futuras. En el estudio llevado a cabo en la Finca Experimental "La Represa" de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, se identificó la diversidad de aves en ocho áreas zonificadas diferentes, que incluyen la oficina central, la laguna, la plantación de cacao, el Pachaco-Cítricos, el Sistema Agroforestal Tradicional, el Sistema Agroforestal Laurel, el bosque plantado y los frutales. Se registraron un total de 386 individuos de aves, que pertenecen a 37 especies, 25 familias y 36 géneros. Además, se identificaron 34 especies de plantas en 23 familias. Las áreas con mayor presencia de aves son la oficina central, el Sistema Agroforestal Laurel y el bosque plantado. Según el índice de Shannon, las áreas de mayor diversidad de aves son la laguna y el Sistema Agroforestal Tradicional, en comparación con las otras áreas.

Palabras claves: Diversidad, aves, usos de suelo, vegetación, Quevedo

Analysis of bird and plant diversity in different vegetation covers in the experimental farm "La Represa", Quevedo - Ecuador

Abstract: Biodiversity is a key component for maintaining the balance and proper functioning of ecosystems, which in turn contributes to the survival of humanity. This is why research on fauna and flora, particularly birds and plants, is essential to develop



Cita: Moreno-Vera, A., Jimenez-Romero, E., Herrera-Feijoo, R. J., Carranza, M., & Saltos-Navia, J. (2023). Análisis de la diversidad de aves y plantas en diferentes coberturas de vegetación en la finca experimental "La Represa", Quevedo - Ecuador. Green World Journal, 6(2), 62. <https://doi.org/10.53313/gwj62062>

Received: 14/Mar /2023

Accepted: 08/May /2023

Published: 13/May /2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.
Creative Commons Attribution (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

effective conservation policies and strategies and to promote sustainable development in harmony with nature. In this way, the protection of natural resources and their sustainable use for present and future generations can be guaranteed. In the study carried out at the Experimental Farm "La Represa" of the Quevedo State Technical University, bird diversity was identified in eight different zoned areas, including the central office, the lagoon, the cocoa plantation, the Pachaco-Citrus, the Traditional Agroforestry System, the Laurel Agroforestry System, the planted forest and the fruit trees. A total of 386 bird individuals were recorded, belonging to 37 species, 25 families and 36 genera. In addition, 34 plant species in 23 families were identified. The areas with the greatest presence of birds are the central office, the Laurel Agroforestry System and the planted forest. According to the Shannon index, the areas with the highest bird diversity are the lagoon and the Traditional Agroforestry System, compared to the other areas.

Keywords: Diversity, birds, land uses, vegetation, Quevedo.

1. Introducción

En el mundo existen alrededor de 9800 especies de aves, en su mayoría insectívoras [1,2]. Los ecosistemas han prologado condiciones adecuadas que permiten la coexistencia de una diversidad de especies, entre ellas, las aves. La composición de las áreas de vegetación constituye un factor muy importante al momento de evaluar la relación de éstas con la estructura, composición y diversidad de las aves, especialmente, la cobertura de herbáceas, arbustos y árboles influye de manera positiva sobre la abundancia en poblaciones de aves [3]. De igual manera, la composición y estructura de la vegetación son elementos muy importantes en la determinación de la selección de hábitat de la avifauna [4–6] ya que suministra los recursos necesarios para sobrevivir, entre ellos: alimento, espacios de anidación, áreas de refugio de los depredadores, sitios de percha, entre otros.

Los sistemas agroforestales (SAF) han resultado una forma sostenible de dar respuesta al problema de alteración de ecosistemas [7–12]. Entre las diversas funciones que ofrecen dichos sistemas de origen antropogénico está el generar un equilibrio entre la producción agropecuaria y la conservación de la biodiversidad a partir de la conexión ecológica (corredor biológico) de remanentes naturales fragmentados [13]. El desarrollo de las poblaciones humanas, en las regiones tropicales a nivel mundial, ha incidido en un notable aumento en la transformación de paisajes naturales en ciudades, pastos, tierras agrícolas y degradadas [14]. Los cambios en la vegetación natural para el aprovechamiento de la población humana han provocado la fragmentación de hábitats y, a su vez, la degradación de distintos ecosistemas naturales, impactando de diversas formas a la biodiversidad [15].

La mayor parte de la cobertura de bosques en el Neotrópico ha sido fuertemente fragmentada, y la mayoría de los países identifica la expansión agrícola y ganadería como la principal causa de deforestación [16]. La expansión agrícola y sus prácticas intensivas han sido en gran medida responsables por la pérdida de diversidad [17], pero los sistemas agroforestales han servido como respuesta a la conservación de la biodiversidad [18]. En las aves, su movilidad, fácil localización, observación y monitoreo permite realizar listados de especies que, analizados ecológicamente, revelan las condiciones ambientales de un área determinada, lo que permite establecer recomendaciones sobre la protección de su hábitat [19].

Ecuador ocupa el primer lugar en número de especies de aves por kilómetro cuadrado [20]. Se encuentra dentro de la lista de los 17 países más biodiversos del mundo [21]. Con 1.684 especies, las aves son el grupo de vertebrados con mayor diversidad en el país, según el Listado de Aves del Ecuador en conjunto con los cambios taxonómicos realizados por el Comité de Clasificación de Sudamérica (SACC) [22]. La relación avifauna – vegetación ha sido ampliamente estudiada desde hace algunas décadas en diversos países [23–29]. Sin embargo, en el Ecuador, el estado del conocimiento sobre los impactos que generan las actividades de expansión humana sobre la diversidad de aves es bajo.

Es necesario determinar la relación entre la vegetación, la diversidad de aves y plantas en ambientes alterados constituiría una herramienta de concientización al respecto de los impactos antropogénicos en la avifauna, y posteriormente fomentaría el desarrollo de planes de manejo que permitan la armonía entre la naturaleza y los seres humanos. En este contexto, esta investigación tuvo principal objetivo identificar la diversidad de aves y plantas en ocho diferentes áreas zonificadas dentro de la finca experimental “La Represa”:

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

La investigación se realizó en la Finca Experimental La Represa de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo – Ecuador, en el periodo seco entre junio y noviembre de 2019. La zona de vida es bosque húmedo tropical.

2.1.1 Zonificación

Se determinó ocho diferentes tipos de coberturas que estructuran el uso del suelo de la finca experimental “La Represa”, esto mediante un análisis cartográfico con una ortofoto obtenida con el uso de un dron Mavic 2, y un sensor Hasselblad L1D-20C, obteniendo una un total de 320 escenas con una resolución espacial de 2.2 cm/px, datum WGS 84 UTM zona 17 S. Considerando en el vuelo una altura de 80 m sobre el terreno, con las cuales posteriormente se realizó un proceso fotogramétrico para construcción del ortofotomosaico de la finca experimental “La Represa”, proceso elaborado en Agisoft metashape® [30,31] por ser considerado uno de los mejores para procesamientos fotogramétricos [31].

Con este insumo, se procedió a zonificar el área mediante una interpretación visual, y una posterior validación de las coberturas con una visita de campo y su respectiva georreferenciación utilizando un receptor GNSS, siguiendo la metodología propuesta por Yáñez-Cajo et al.[32]. Las áreas determinadas fueron las siguientes: Alrededores de oficina central (AOC); Laguna (L); Plantación de Cacao (PC); Pachaco y Cítricos (PCI); Sistema Agroforestal Tradicional (SAT); Sistema Agroforestal Laurel (SAL); Bosque Plantado (BP); Frutales (FRU) (Figura 1).

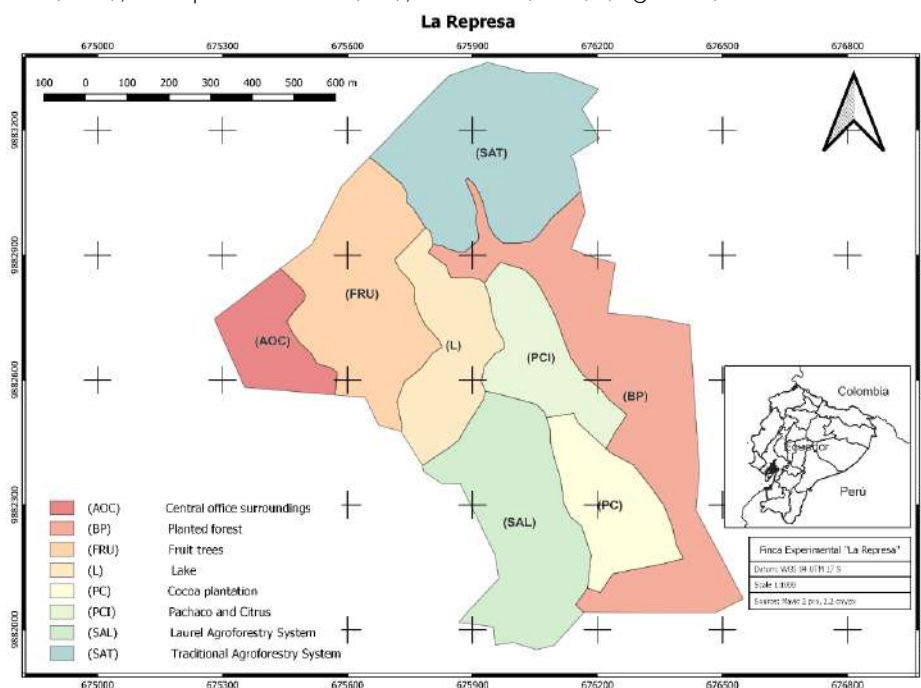


Figura 1. Mapa de ubicación de la finca experimental “La Represa”, zonificación de las coberturas para estratificación de muestreo de aves: Alrededores de oficina central (AOC); Laguna (L); Plantación de Cacao (PC); Pachaco y Cítricos (PCI); Sistema Agroforestal Tradicional (SAT); Sistema Agroforestal Laurel (SAL); Bosque Plantado (BP); Frutales (FRU).

2.2 Muestreo de aves y de vegetación

Durante los meses de junio y noviembre de 2019, se llevó a cabo un registro de aves en dos jornadas, una diurna de 06:00 a 10:00 y otra vespertina de 16:00 a 18:00, donde se registró la especie y el número de individuos avistados, así como su estatus migratorio o residente. Cada observación duró 10 minutos y comenzó 5 minutos después de llegar a cada punto para minimizar el efecto de perturbación. La identificación de las aves se realizó con la ayuda del Libro de aves del Ecuador y las guías de campo [33]. Se realizó una visita al mes, dentro de las 8 áreas de muestreo identificadas durante los seis meses de estudio.

Para evaluar la estructura de la vegetación, se seleccionaron unidades de muestreo dentro de la zonificación que presentaban diferentes estructuras vegetales en términos de estratos vertical y horizontal. Se estableció una unidad de muestreo circular con un radio de 12,62 m, lo que proporcionó una superficie de 500 m², tomando el centro de cada unidad como el punto de observación de aves. Los registros botánicos e identificación incluyeron todas las especies y el número de árboles con un diámetro superior a 7,5 cm. La altura se midió con una mira telescópica graduada y el diámetro a 1,30 m de la base utilizando una cinta diamétrica metálica.

2.3 Análisis de datos

El índice de Shannon y Weaver fue utilizado para estimar la diversidad de especies de aves y vegetación en cada unidad de muestreo [34], mientras que el índice de Jaccard se empleó para determinar la similitud de aves entre diferentes coberturas[35,36]. Se utilizó la clasificación de Ridgely et al. [37] para determinar los estados migratorios de aves. El software SPSS versión 18 se empleó para el cálculo de la abundancia, mientras que el software PAST versión 2.02 se utilizó para el cálculo del índice de Shannon, índice de similitud y análisis de conglomerados mediante cluster. Finalmente, también se llevó a cabo una prueba de t Student al 95% de probabilidad y la prueba de separación de medias de Tukey ($p>0,05$) para determinar la significancia entre los individuos, la abundancia y la diversidad.

3. Resultados

3.1. Diversidad de vegetación

Se identificaron un total de 39 especies de plantas pertenecientes a 23 familias diferentes, siendo la familia Leguminosae la más común con 5 especies, seguida por Boraginaceae, Poaceae y Lamiaceae con 3 especies cada una. Las especies más frecuentes fueron *Theobroma cacao* (40), *Spondias purpurea* (19), *Roseodendron donnell-smithii* (15), *Musa sp* (10) y *Aegiphila alba* (8). Se observó que las coberturas de suelo que presentaron mayor cantidad de especies fueron L (11), SAT (11), SAL (8) y BP (8), mientras que FRU (3) y AOC (3) fueron las menos diversas (Tabla 1).

Tabla 1. Especies vegetales identificadas dentro de las diferentes coberturas de suelo.

Especie	Coberturas							
	AOC	L	PC	PCI	SAT	SAL	BP	FRU
<i>Aegiphila alba</i> moldenke	0	0	0	0	0	0	8	0
<i>Anthurium sp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Bambusa sp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Carica papaya</i> L.	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Cecropia peltata</i> L.	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Cedrela odorata</i> L.	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>Cenchrus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Centrolobium ochroxylum</i> Rudd	0	0	0	0	0	0	5	0
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Cordia lutea</i> Lam.	0	0	0	0	0	0	1	0

<i>Cordia macrantha</i> Chodat	0	0	0	0	0	4	0	0
<i>Crescentia cujete</i> L.	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	0	0	0	1	0	0	1	2
<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) D.F. Cook	0	1	0	0	0	0	3	0
<i>Ficus</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Heliconia bihai</i> L.	0	0	0	0	1	0	1	1
<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Jatropha curcas</i> L.	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Laportea aestuans</i> (L.) Chew	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Maclura tinctoria</i> L. D. Don ex Steud.	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Mangifera indica</i> L.	1	0	0	0	0	0	0	4
<i>Momordica charantia</i> L	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Musa</i> sp.	0	0	0	10	0	0	0	0
<i>Panicum maximum</i> Jacq	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Persea americana</i> Mill	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Piper auritum</i> kunth	0	0	0	0	2	0	0	1
<i>Pteridium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Pteris</i> sp.	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Roseodendron donnell-smithii</i> (Rose) Miranda	0	0	0	0	7	0	7	1
<i>Schizolobium parahybum</i> (Vell.) S.F.Blake	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Senna didymobotrya</i> (Fresen.) H.S.Irwin & Barneby	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Spondias purpurea</i> L.	0	0	6	13	0	0	0	0
<i>Tectona grandis</i> L.f.	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Theobroma cacao</i> L.	1	0	5	5	28	1	0	0
<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch. & C.A.Mey	0	0	0	0	0	0	5	0
<i>Virola</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Vitex gigantea</i> Kunth	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Xanthosoma</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	0	0	0	2	0	0	4	0

3.2. Diversidad de Aves

Se registraron en total 386 aves, pertenecientes a 37 especies de 25 familias y 36 géneros. La familia más diversa fue la Tyrannidae con 5 especies, seguida por las familias Icteridae y Ardeidae, cada una con 3 especies diferentes. Las especies más frecuentes con mayor número de individuos registrados fueron *Forpus coelestis* con 60 individuos, *Progne tapera* con 39, *Coragyps atratus* con 32, *Crotophaga ani* con 34, *Sporophila corvina* con 28 y *Melanerpes pucherani* con 20. Entre las diferentes coberturas de suelo, se encontró que SAT, L, SAL y BP presentaron la mayor cantidad de individuos con 11, 11, 64 y 6 respectivamente, mientras que FRU y AOC presentaron la menor cantidad con 2 individuos cada una. Esta información se encuentra en la Tabla 2.

Tabla 2. Especies de aves localizadas en las diferentes coberturas de suelo. Estados migratorios: Res= Residente; Mig-bo= Migratorio boreal; Mig-aus= Migratorio austral; Ba-tum= Bajuras Tumbecinas; Ba-cho= Bajo del Chocó.

ESPECIE	NUMERO DE INDIVIDUOS POR USOS DE SUELO								Estado Migratorio
	AOC	L	PC	PCI	SAT	SAL	BP	FRU	
<i>Amazilia amazilia</i>	0	0	6	0	0	1	3	0	Res
<i>Ardea alba</i>	0	7	0	0	0	0	0	0	Mig-bo
<i>Arremon aurantirostris</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	Res
<i>Bubulcus ibis</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	Mig-bo
<i>Buteo magnirostris</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	Res
<i>Buteo nitidus</i>	0	0	0	0	4	0	0	0	Res
<i>Butorides striatus</i>	0	6	0	0	0	0	0	0	Res
<i>Cacicus cela</i>	0	0	0	0	6	0	0	0	Res

<i>Chloroceryle americana</i>	0	6	0	0	0	0	0	0	Res
<i>Claravis pretiosa</i>	0	0	0	2	4	0	0	0	Res
<i>Coragyps atratus</i>	0	0	0	0	0	2	30	0	Res
<i>Crotophaga ani</i>	0	10	0	0	10	14	0	0	Res
<i>Dives warszewiczi</i>	0	0	0	0	8	0	0	0	Res
<i>Eudocimus albus</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	Res
<i>Euphonia lanirostris</i>	0	0	0	0	0	0	4	0	Res
<i>Fluvicola nengeta</i>	0	10	0	0	0	0	0	0	Res
<i>Forpus coelestis</i>	0	0	0	0	0	60	0	0	Ba-tum
<i>Furnarius cinnamomeus</i>	0	0	3	0	0	0	0	10	Res
<i>Glaucidium peruanum</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	Ba-tum
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	Res
<i>Herpetotheres fulvescens</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	Res
<i>Jacana jacana</i>	0	5	0	0	0	0	0	0	Res
<i>Lepidocolaptes lacrymiger</i>	0	0	0	0	3	0	3	0	Res
<i>Megarynchus pitangua</i>	0	0	3	3	0	2	0	3	Res
<i>Melanerpes pucherani</i>	0	0	12	4	2	2	0	0	Res
<i>Momotus momota</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	Res
<i>Myiozetetes similis</i>	0	0	0	0	0	0	16	0	Res
<i>Poliophtila plumbea</i>	0	0	4	0	0	0	0	0	Res
<i>Porphyryula martinica</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	Res
<i>Progne tapera</i>	39	0	0	0	0	0	0	0	Mi-aus
<i>Pteroglossus erythropygius</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	Ba-cho
<i>Sporophila corvina</i>	0	0	0	28	0	0	0	0	Res
<i>Sturnella bellicosa</i>	6	0	0	0	0	0	0	0	Res
<i>Thraupis episcopus</i>	0	0	8	0	0	3	0	0	Res
<i>Tityra semifasciata</i>	0	6	0	0	0	0	0	0	Res
<i>Turdus maculirostris</i>	0	0	0	0	0	0	4	0	Ba-tum
<i>Tyrannus melancholicus</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	Mi-aus

El número de individuos encontrados en las áreas estudiadas presentó diferencias estadísticamente significativas con un valor de $p < 0,05$. Asimismo, se observaron diferencias significativas en la dominancia a través de la prueba t. La cobertura de suelo con mayor número de individuos registrados fue SAL (85) y BP (64), mientras que BP (36) y FRU (13) registraron un menor número de individuos (Tabla 3).

Tabla 3. Prueba de t entre grupos de uso de suelo para los parámetros de individuos, dominancia y Shannon

Parámetro	media	Std. Dv.	N	Std.Err.	t	P
Individuos	48.2500	21.82888	8	7.717675	6.251883	0.00042
dominancia	0.4113	0.253466	8	0.089614	4.589702	0.00251
Shannon	1.3076	0.723736	8	0.255879	5.110176	0.00138

En la Tabla 4 se muestra la cobertura del suelo en AOC y FRU tienen la dominancia más alta con valores de 0,7689 y 0,645, respectivamente, mientras que SAT y L tienen los valores más bajos con 0,1333 y 0,1098. El análisis de la diversidad usando el índice de Shannon indica que hay diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las diferentes coberturas del suelo. Además, se encontró que la diversidad de aves es mayor en L y SAT en comparación con PC, BP, SAL, FRU y AOC.

Tabla 4. Especie, individuos, dominancia e índice de diversidad de aves identificadas en diferentes coberturas del suelo

Usos de la tierra	Especie	Individuos	Dominancia	Shannon
AOC	2	45 c	0,7689 a	0,392 e
LAG	11	62 b	0,1098 d	2,291 a
PC	6	36 c	0,2145 cd	1,657 b
PCI	4	37 c	0,5939 b	0,812 cd
SAT	11	44 c	0,1333 d	2,185 a
SAL	8	85 a	0,5286 b	1,03 c
BP	8	64 b	0,2964 c	1,552 b
FRU	2	13 d	0,645 b	0,540 de

Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey $p < 0,05$)

El análisis de similitud de Jaccard reveló que la mayoría de las coberturas de suelo presentaron valores bajos. Las interacciones más altas se registraron entre SAL y PC con un valor de 0,400, y entre FRU y PC con un valor de 0,333. Por otro lado, las interacciones entre L y BP, PC, FRU presentaron un valor de similitud de 0,000, mientras que AOC no presentó valores de similitud con ninguna de las otras siete coberturas de suelo evaluadas (Tabla 5).

Tabla 5. Valor de similitud de Jaccard en los diferentes usos de suelo

	LAG	PC	PCI	SAT	SAL	BP	FRU
AOC	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
LAG		0,000	0,000	0,048	0,056	0,000	0,000
PC			0,250	0,063	0,400	0,077	0,333
PCI				0,154	0,200	0,000	0,200
SAT					0,118	0,056	0,000
SAL						0,143	0,111
BP							0,000

El análisis de conglomerados identificó una separación entre AOC y las demás coberturas de suelo. Se encontraron cuatro grupos con un valor de similitud del 20% (Figura 2). Las coberturas de PC y SAL presentaron una mayor similitud del 40%. Se observó que la cobertura L no estaba relacionada con ninguno de los grupos identificados.

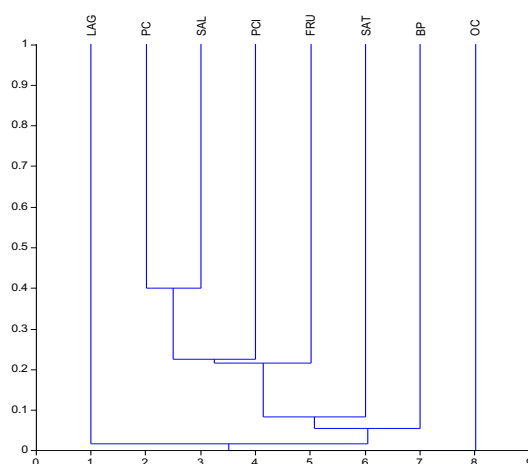


Figura 2. Análisis de conglomerados basado en el índice de similitud de Jaccard para las diferentes coberturas de uso de suelo en la Finca Experimental La Represa, Ecuador. AOC = Alrededor de oficina central; L = Laguna; PC = Plantación de cacao; PCI = Pachaco y cítricos; SAT = Sistema agroforestal tradicional; SAL = Sistema agroforestal laurel; BP = Bosque planteado; FRU = Frutales.

4. Discusión

Se identificaron 386 aves en la zona de estudio a través de los muestreos realizados, lo que incluye 37 especies pertenecientes a 36 géneros y 25 familias según se muestra en el Cuadro 1. El orden Passeriformes fue el grupo dominante, destacándose no solo por el número de especies, sino también por la concentración de algunas de ellas. Esta alta concentración podría ser explicada por la gran flexibilidad genética de este orden, lo que le ha permitido una mayor capacidad de adaptación y eficiencia colonizadora en todos los hábitats posibles [38]. Como resultado, el orden Passeriformes es el grupo de aves más numeroso en el mundo, con más de 5000 especies, lo que representa más del 50% del total de especies de aves, según lo informado por Ziswiler [39].

A través de los muestreos realizados, se lograron identificar un total de 37 especies de aves, de las cuales 121 presentaron una dieta insectívora. Las especies *Progne tapera*, *Crotophaga ani*, *Sporophila corvina* y *Melanerpes pucherani* conformaron esta agrupación trófica. Se consideró dentro de esta categoría a todas aquellas especies que, aunque sea temporalmente, incorporan una proporción de insectos en su alimentación. Estos resultados coinciden con investigaciones previas en diferentes sistemas agroforestales (SAF), que han encontrado un elevado número de especies de aves en estos hábitats, sugiriendo que los SAF pueden tener un papel importante en la conservación de este grupo taxonómico [9,40–43].

El método utilizado para evaluar la diversidad de aves en los diferentes sistemas agroforestales fue la función de Shanon–Wiener, que combina el número de especies y la distribución de individuos en los sistemas. Para medir la dominancia de las especies se utilizó el índice de Simpson, que da mayor importancia a las especies más abundantes. Los resultados indican que el SAL y BP tienen una alta diversidad de aves en comparación con los sistemas PC y FRU, lo que sugiere que los ecosistemas alterados tienen una reducción de especies debido a la falta de nutrientes y hábitats adecuados para realizar sus nichos ecológicos de manera efectiva[44].

Se observó que el número de aves y su concentración varían significativamente entre las diferentes áreas de estudio y tipos de suelo utilizados. El mayor número de individuos se registró en el SAL, seguido de BP, mientras que PC y FRU presentaron una menor cantidad de individuos. Asimismo, se encontró una relación directa entre las coberturas de suelo y la diversidad de aves. En total se registraron 4 especies migratorias, 29 residentes y 4 transitorias, siendo la cobertura L la que permitió la llegada de la mayor cantidad de especies migratorias, según se detalla en los cuadros 2 y 3. Además, se observaron diferencias significativas en la dominancia de las especies en cada área de estudio y tipo de uso del suelo, siendo el sistema agroforestal de laurel el que registró el mayor número de individuos con 85, seguido del bosque plantado con 64, mientras que la plantación de cacao y frutales presentaron 36 y 13 individuos, respectivamente (Cuadro 2).

Los resultados obtenidos indican que la estructura y composición de los sistemas agroforestales y bosques plantados con especies autóctonas son un aspecto importante a considerar debido a que proporcionan nichos ecológicos y espacios que facilitan la llegada de especies migratorias [41,44,45]. Investigaciones previas han descrito estos sistemas bioproductivos como efectos de borde y/o corredores biológicos, que ofrecen alimento, refugio y sitios de descanso para la conservación de las aves [39,40]. La pérdida y fragmentación del hábitat pueden originar metapoblaciones faunísticas aisladas, lo que sugiere que los sistemas agroforestales desarrollados en esta investigación podrían utilizarse como corredores biológicos locales para facilitar la llegada de especies migratorias y la coexistencia de aves en nichos específicos.

5. Conclusión

La diversidad de especies de plantas y aves varía según la cobertura de suelo, siendo las áreas de SAT, L, SAL y BP las que presentan mayor diversidad de especies. En cuanto a las especies más frecuentes, se destacan *Theobroma cacao*, *Spondias purpurea*, *Roseodendron donnell-smithii*,

Forpus coelestis, *Progne tapera*, *Coragyps atratus* y *Crotophaga ani*. Asimismo, se observa una relación entre la diversidad de aves y las diferentes coberturas de suelo, siendo L y SAT las áreas con mayor diversidad de aves. Por otro lado, las interacciones entre las diferentes coberturas de suelo son bajas, lo que sugiere una clara diferenciación entre ellas. Por último, se destaca que AOC es la cobertura de suelo que presenta una mayor separación de las demás coberturas. A pesar de los resultados alentadores de esta investigación sobre la diversidad de aves en sistemas agroforestales, se deben considerar algunas limitaciones. En primer lugar, la muestra fue tomada en una sola estación del año, por lo que es posible que la diversidad de aves sea diferente en otras épocas del año.

Además, los muestreos fueron realizados solo en cuatro sistemas agroforestales, por lo que se recomienda incluir más sistemas y áreas de estudio para tener una visión más completa de la diversidad de aves en diferentes tipos de agroecosistemas. Asimismo, sería importante estudiar cómo los factores ambientales y de manejo de los sistemas agroforestales afectan la diversidad de aves, ya que esto podría ayudar a mejorar las prácticas agroforestales para favorecer la conservación de estas especies. En conclusión, se sugiere que futuras investigaciones consideren la estacionalidad de los muestreos, la inclusión de más sistemas agroforestales y el estudio de los factores ambientales y de manejo para mejorar la conservación de la diversidad de aves en agroecosistemas.

Contribución de autores: conceptualización, A.M.V.; metodología, A.M.V., E.J.R y R.J.H.F.; software, E.J.R., R.J.H.F, M.C. y J.S.N.; validación, A.M.V. ; análisis formal, A.M.V. y E.J.R.; investigación, A.M.V., E.J.R., R.J.H.F., M.C. y J.S.; recursos, A.M.V., M.C. y R.J.H.F; curaduría de datos, J.S.N. y R.J.H.F.; redacción-revisión y edición, A.M.V., E.J.R., R.J.H.F, M.C. y J.S.; visualización, R.J.H.F y E.J.R; supervisión, A.M.V; administración de proyectos, A.M.V y E.J.R; adquisición de fondos, A.M.V.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Ibarra, F. de M.M.; Cruzado, C.E. Avistamiento de Aves En El Campus de La Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. *Biotempo* **2017**, *14*, 167–177.
2. Nyffeler, M.; Şekercioglu, Ç.H.; Whelan, C.J. Insectivorous Birds Consume an Estimated 400–500 Million Tons of Prey Annually. *Sci. Nat.* **2018**, *105*, 1–13.
3. Leveau, L.M.; Leveau, C.M. Comunidades de Aves En Un Gradiente Urbano de La Ciudad de Mar Del Plata, Argentina. *El hornero* **2004**, *19*, 13–21.
4. Lisk, D.J. Environmental Implications of Incineration of Municipal Solid Waste and Ash Disposal. *Sci. Total Environ.* **1988**, *74*, 39–66, doi:10.1016/0048-9697(88)90128-3.
5. Karr, J.R.; Roth, R.R. Vegetation Structure and Avian Diversity in Several New World Areas. *Am. Nat.* **1971**, *105*, 423–435.
6. Cody, M.L. Habitat Selection in Birds: The Roles of Vegetation Structure, Competitors, and Productivity. *Bioscience* **1981**, *31*, 107–113.
7. Vizzarri, V.; Lombardo, L.; Novellis, C.; Rizzo, P.; Pellegrino, M.; Cruceli, G.; Godino, G.; Zaffina, F.; Ienco, A. Testing the Single and Combined Effect of Kaolin and Spinosad against *Bactrocera Oleae* and Its Natural Antagonist Insects in an Organic Olive Grove. *Life* **2023**, *13*, doi:10.3390/life13030607.
8. Romero-Díaz, C.; Ugalde-Lezama, S.; García-Núñez, R.M.; Marcos-Rivera, U.; Cruz-Miranda, Y. Comportamiento Tráfico de Aves Insectívoras En Sistemas Agroforestales Inmersos En Bosque Mesófilo. *Rev. Mex. ciencias agrícolas* **2020**, *11*, 241–252.
9. Cabral, J.P.; Faria, D.; Morante-Filho, J.C. Landscape Composition Is More Important than Local Vegetation Structure for Understory Birds in Cocoa Agroforestry Systems. *For. Ecol. Manage.* **2021**, *481*, 118704.
10. Torres, B.; Bravo, C.; Torres, A.; Tipán-Torres, C.; Vargas, J.C.; Herrera-Feijoo, R.J.; Heredia-R, M.; Barba, C.; García, A. Carbon Stock Assessment in Silvopastoral Systems along an Elevational Gradient:

- A Study from Cattle Producers in the Sumaco Biosphere Reserve, Ecuadorian Amazon. *Sustainability* **2023**, *15*.
11. Torres, B.; Herrera-Feijoo, R.; Torres, Y.; García, A. Global Evolution of Research on Silvopastoral Systems through Bibliometric Analysis: Insights from Ecuador. *Agronomy* **2023**, *13*, 479.
 12. Torres, B.; Espinoza, Í.; Torres, A.; Herrera-Feijoo, R.; Luna, M.; García, A. Livelihood Capitals and Opportunity Cost for Grazing Areas' Restoration: A Sustainable Intensification Strategy in the Ecuadorian Amazon. *Animals* **2023**, *13*, 714.
 13. Marconi, L.; Armengot, L. Complex Agroforestry Systems against Biotic Homogenization: The Case of Plants in the Herbaceous Stratum of Cocoa Production Systems. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2020**, *287*, 106664.
 14. Achard, F.; Eva, H.D.; Stibig, H.-J.; Mayaux, P.; Gallego, J.; Richards, T.; Malingreau, J.-P. Determination of Deforestation Rates of the World's Humid Tropical Forests. *Science (80-.)*. **2002**, *297*, 999–1002.
 15. Foley, J.A.; DeFries, R.; Asner, G.P.; Barford, C.; Bonan, G.; Carpenter, S.R.; Chapin, F.S.; Coe, M.T.; Daily, G.C.; Gibbs, H.K. Global Consequences of Land Use. *Science (80-.)*. **2005**, *309*, 570–574.
 16. Armenteras, D.; Rodríguez Eraso, N. Forest Deforestation Dynamics and Drivers in Latin America: A Review since 1990. *Colomb. For.* **2014**, *17*, 233–246.
 17. Tilman, D.; Balzer, C.; Hill, J.; Befort, B.L. Global Food Demand and the Sustainable Intensification of Agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **2011**, *108*, 20260–20264.
 18. Jose, S. Agroforestry for Ecosystem Services and Environmental Benefits: An Overview. *Agrofor. Syst.* **2009**, *76*, 1–10.
 19. Herrando, S.; Anton, M.; Sardà-Palomera, F.; Bota, G.; Gregory, R.D.; Brotons, L. Indicators of the Impact of Land Use Changes Using Large-Scale Bird Surveys: Land Abandonment in a Mediterranean Region. *Ecol. Indic.* **2014**, *45*, 235–244, doi:10.1016/j.ecolind.2014.04.011.
 20. García, G.S. *El País de La Biodiversidad: Ecuador*, Jardín Botánico de Quito, 2014; ISBN 9942137610.
 21. Díaz, S.H.; Lasso, S. Belleza y Colorido de Las Aves, Una Experiencia Incomparable En Mindo. *Kalpana* **2014**, 8–21.
 22. Freile, J.F.; Brinkhuizen, D.M.; Greenfield, P.J.; Lysinger, M.; Navarrete, L.; Nilsson, J.; Boyla, K.A. Lista de Las Aves Del Ecuador. *Checkl. Birds Ecuador. Com. Ecuatoriano Regist. Ornitológicos. Obtenido https://ceroecuador.wordpress.com* **2018**.
 23. Almazán-Núñez, R.C.; Puebla-Olivares, F.; Almazán-Juárez, Á. Diversidad de Aves En Bosques de Pino-Encino Del Centro de Guerrero, México. *Acta zoológica Mex.* **2009**, *25*, 123–142.
 24. Ugalde-Lezama, S.; Valdez-Hernández, J.I.; Ramírez-Valverde, G.; Alcántara-Carbajal, J.L.; Velázquez-Mendoza, J. Distribución Vertical de Aves En Un Bosque Templado Con Diferentes Niveles de Perturbación. *Madera y bosques* **2009**, *15*, 5–26.
 25. Ugalde-Lezama, S.; Alcántara-Carbajal, J.L.; Tarango-Arámbula, L.A.; Ramírez-Valverde, G.; Mendoza-Martínez, G.D. Fisonomía Vegetal y Abundancia de Aves En Un Bosque Templado Con Dos Niveles de Perturbación En El Eje Neovolcánico Transversal. *Rev. Mex. Biodivers.* **2012**, *83*, 133–143.
 26. Barzan, F.R.; Baigorria, J.M.E.; Bó, R.F. Bird Community Diversity in Three Habitat Types in an Ecological Corridor in the Atlantic Forest of Misiones Province, Argentina. *Trop. Conserv. Sci.* **2015**, *8*, 955–974.
 27. MacGregor-Fors, I.; Blanco-García, A.; Lindig-Cisneros, R. Bird Community Shifts Related to Different Forest Restoration Efforts: A Case Study from a Managed Habitat Matrix in Mexico. *Ecol. Eng.* **2010**, *36*, 1492–1496.
 28. Bael, S.A. Van; Zambrano, R.; Hall, J.S. Bird Communities in Forested and Human-Modified Landscapes of Central Panama: A Baseline Survey for a Native Species Reforestation Treatment. *Int. J. Biodivers. Sci. Ecosyst. Serv. Manag.* **2013**, *9*, 281–289.
 29. Ramírez-Albores, J.E. Riqueza y Diversidad de Aves de Un Área de La Faja Volcánica Transmexicana, Tlaxcala, México. *Acta zoológica Mex.* **2013**, *29*, 486–512.
 30. Tinkham, W.T.; Swayze, N.C. Influence of Agisoft Metashape Parameters on UAS Structure from Motion Individual Tree Detection from Canopy Height Models. *Forests* **2021**, *12*, 250.
 31. Lastilla, L.; Belloni, V.; Ravanelli, R.; Crespi, M. DSM Generation from Single and Cross-Sensor Multi-View Satellite Images Using the New Agisoft Metashape: The Case Studies of Trento and Matera

- (Italy). *Remote Sens.* **2021**, *13*, 593.
32. Yáñez-Cajo, D.; Andrade, X.; Haro, R.; Aguas-Días, W.; Rueda-Ayala, V. Un Nuevo Enfoque Metodológico Para La Representación Geoespacial de Los Ecosistemas Neotropicales/A New Methodological Approach for the Geospatial Representation of Neotropical Ecosystems. *Rev. Geográfica Venez.* **2021**, *62*, 198–215.
 33. Cisneros-Heredia, D.F. Notes on Breeding, Behaviour and Distribution of Some Birds in Ecuador. *Bull. Ornithol. Club* **2006**, *126*, 153.
 34. Hennink, S.; Zeven, A.C. The Interpretation of Nei and Shannon-Weaver within Population Variation Indices. *Euphytica* **1990**, *51*, 235–240.
 35. Fletcher, S.; Islam, M.Z. Comparing Sets of Patterns with the Jaccard Index. *Australas. J. Inf. Syst.* **2018**, *22*.
 36. Costa, L. da F. Further Generalizations of the Jaccard Index. *arXiv Prepr. arXiv2110.09619* **2021**.
 37. Ridgely, R.S.; Greenfield, P.J.; Coopmans, P.; Kalil, G. *Aves Del Ecuador: Guía de Campo*; Fundación de Conservación Jocotoco, 2006; ISBN 9978315039.
 38. Raikow, R.J. Monophyly of the Passeriformes: Test of a Phylogenetic Hypothesis. *Auk* **1982**, *99*, 431–445.
 39. Ziswiler, V. *Zoología Especial Ediciones Omega* 1988.
 40. González-Valdivia, N.; Barba-Macías, E.; Hernández-Daumás, S.; Ochoa-Gaona, S. Avifauna in Silvopastoral Systems in the Mesoamerican Biological Corridor, Tabasco, México [Avifauna En Sistemas Silvopastoriles En El Corredor Biológico Mesoamericano, Tabasco, México]. *Rev. Biol. Trop.* **2014**, *62*, 1031–1052, doi:10.15517/rbt.v62i3.11442.
 41. Simioni, G.F.; Schmitt Filho, A.L.; Jone, F.; Farley, J.; Fantini, A.C.; Moreira, A.P.T. Response of Birds to High Biodiversity Silvopastoral Systems: Integrating Food Production and Biodiversity Conservation through Applied Nucleation in Southern Brazil. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2022**, *324*, doi:10.1016/j.agee.2021.107709.
 42. Alonso, J.; Torres, O.; Achang, G.; Blanco, P.; Sánchez, B.; Pinto, R.; Villanueva, C. Diversity and Richness of Birds in Different Pastoral Alternatives for Milk Production in the Tropics [Diversidad y Riqueza de Aves En Diferentes Alternativas Pastoriles Para La Producción de Leche En El Trópico]. *Livest. Res. Rural Dev.* **2020**, *32*.
 43. Ocampo-Ariza, C.; Maas, B.; Castro-Namuche, J.P.; Thomas, E.; Vansynghel, J.; Steffan-Dewenter, I.; Tschamtk, T. Trait-Dependent Responses of Birds and Bats to Season and Dry Forest Distance in Tropical Agroforestry. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2022**, *325*, 107751.
 44. Estrada-Carmona, N.; Martínez-Salinas, A.; DeClerck, F.A.J.; Vilchez-Mendoza, S.; Garbach, K. Managing the Farmscape for Connectivity Increases Conservation Value for Tropical Bird Species with Different Forest-Dependencies. *J. Environ. Manage.* **2019**, *250*, doi:10.1016/j.jenvman.2019.109504.
 45. Herrera-Feijoo, R.J.; Torres, B.; López-Tobar, R.; Tipán-Torres, C.; Toulkeridis, T.; Heredia-R, M.; Mateo, R.G. Modelling Climatically Suitable Areas for Mahogany (*Swietenia Macrophylla* King) and Their Shifts across Neotropics: The Role of Protected Areas. *Forests* **2023**, *14*, 385.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Simulación y análisis del tráfico vehicular en las avenidas Salvador Bustamante Celi e Isidro Ayora de la ciudad de Loja-Ecuador utilizando SUMO

Adriana Natali Chamba González ¹   Jenny María Yaguana Condo ¹ 

¹ Departamento de Logística y Transporte, Universidad Técnica Particular de Loja, Calle San Cayetano, Loja 110107, Ecuador.

 Correspondencia: anchamba1@utpl.edu.ec  + 593 997632032

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62064>

Resumen: El congestionamiento vehicular es la aglomeración de vehículos producido por la capacidad insuficiente de las vías para satisfacer la demanda de estas, provocando así: (1) estrés por tiempos de espera, (2) sonidos molestos (3) retrasos en tiempos de viaje (4) contaminación ambiental (5) consumo de combustible y (6) accidentes de tránsito. Por tal razón, el caso de estudio presenta una simulación del flujo vehicular en la intersección de la Av. Salvador Bustamante Celi y Av. Isidro Ayora de la ciudad de Loja-Ecuador. La simulación pretende mejorar la circulación de vehículos incrementando el tiempo de duración de la luz verde en los semáforos ubicados en la mencionada intersección. Para realizar la simulación se utilizó el software "Simulation of Urban Mobility" (SUMO), en el cual se desarrollaron dos escenarios: El primero, es de 90 segundos que corresponde al tiempo actual de duración del semáforo en luz verde y el segundo, es de 120 segundos correspondiente a la nueva propuesta de incremento del tiempo de duración de la luz verde de los semáforos. Los resultados de la simulación mostraron mejoras en el flujo de vehicular y se las evidencia en la reducción de los tiempos de espera, así como también se identificó un ligero aumento en la velocidad media.

Palabras claves: Flujo vehicular, intersección, semáforo; SUMO, congestionamiento vehicular, automóvil

Simulation and analysis of vehicular traffic on Salvador Bustamante Celi and Isidro Ayora avenues in Loja-Ecuador using SUMO



Cita: Chamba González, A. N., & Yaguana Condo, J. M. (2023). Simulación y análisis del tráfico vehicular en las avenidas Salvador Bustamante Celi e Isidro Ayora de la ciudad de Loja-Ecuador utilizando SUMO. Green World Journal, 6(2), 64.
<https://doi.org/10.53313/gwj62064>

Received: 12/Mar/2023

Accepted: 22/May/2023

Published: 28/May/2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

Abstract: Vehicular congestion is the agglomeration of vehicles produced by the insufficient capacity of the roads to satisfy the demand of these, thus causing: (1) stress due to waiting times, (2) annoying sounds (3) delays in travel times (4) environmental pollution (5) fuel consumption and (6) traffic accidents. For this reason, the case study presents a simulation of the vehicular flow at the intersection of Av. Salvador Bustamante Celi and Av. Isidro Ayora in the city of Loja–Ecuador. The purpose of this simulation is to improve the circulation of vehicles by increasing the duration of the green light at the traffic lights located at that intersection. To run the simulation, the "Simulation of Urban Mobility" (SUMO) software was used, in which two scenarios were developed: The first, is 90 seconds, which corresponds to the current duration time of the green light and the second, is of 120 seconds corresponding to the new proposal to increase the duration of the green light for traffic lights. The simulation results showed improvements in the flow of vehicles and are evidenced in the reduction of waiting times, as well as a slight increase in average speed.

Keywords: Intersection, traffic light, traffic, simulation, SUMO, traffic congestion, car.

1. Introducción

La congestión vehicular es uno de los problemas que afectan la calidad de vida de la sociedad día con día, un claro ejemplo de ello es la acumulación de gran cantidad de vehículos en una vía, lo cual genera una obstrucción que dificulta la libre circulación y aumenta el tiempo de llegada de los vehículos a su destino [1],[2]. El problema se lo evidencia con mayor frecuencia en las horas pico, cuando la mayoría de los conductores están en la vía.

Generalmente, es una situación que ocurre debido a que la oferta vial es menor a la demanda existente, es decir que la capacidad de las vías es insuficiente para abastecer al flujo de vehículos que transitan por las vías, por ello las autoridades recomiendan utilizar el transporte público con el fin de evitar la presencia de vehículos particulares, aunque también es importante la mejora de la infraestructura vial.

El rozamiento de los vehículos es una de las causas fundamentales de la congestión vehicular, puesto que la cantidad de vehículos presentes en una vía determina la velocidad a la que pueden circular libremente los vehículos, además se ven condicionadas por factores como límites de velocidad establecidos y las intersecciones existentes en la vía. Cuando existe un flujo vehicular mayor cada vehículo constituye una barrera para el desplazamiento de los demás vehículos y es ahí donde empieza la congestión vehicular [3],[4] .

A más de ello, la congestión vehicular tiene una manifestación física relacionada con demoras, colas y detenciones. Regularmente, ese tipo de situaciones aparecen como consecuencia de que el flujo de vehículos supera a la capacidad que tiene el sistema vial del sector, generando demoras en los tiempos de viaje, colas de vehículos y detenciones constantes.

En el estudio realizado por [5] menciona que el fenómeno de acumulación de vehículos conoce como "sistema de colas", el cual se compone de varios factores:

- **Proceso de llegada de los usuarios:** Especifica la manera en la que los usuarios llegan al sistema vial.
- **Mecanismo de atención:** Especifica el número de servidores existentes y el tiempo que le toma atender a cada usuario.
- **Disciplina en cola:** Hace referencia al criterio que se utiliza para seleccionar a un usuario que se encuentra en cola para ser atendido.

Las consecuencias que se derivan de la congestión vehicular son el estrés por el tiempo de espera, sonidos molestos que emiten los vehículos, retrasos en los tiempos de viaje, contaminación ambiental, consumo de combustible y en algunos casos accidentes de tránsito [6]. En el Ecuador,

los accidentes de tránsito ocurren por varias causas una de ellas es el corto tiempo de duración en el cambio de luces del semáforo, esta situación está vinculada con el hecho de que conductores jóvenes necesitan que el tiempo de duración de la luz amarilla en el semáforo sea de 1 segundo, mientras que, los conductores mayores a 60 años requieren de 2 segundos para poder percibir y reaccionar al cambio de la luz amarilla [7], [8].

La simulación del tráfico del caso de estudio se realiza en el software de Simulación de Movilidad Urbana, conocido por sus siglas en inglés "SUMO", el cual es una plataforma de simulación de tráfico multimodal útil para obtener información acerca de la previsión de tráfico, análisis de rutas o evaluación de semáforos [9]. Además, cuenta con una gran variedad de herramientas de apoyo que permiten realizar tareas complementarias como importación de redes, cálculo de emisiones, modelos personalizados, entre otros.

Para el caso de estudio, se considera importante hacer uso de este software debido a que ayuda a simular un escenario vial de forma real y microscópica, permitiendo integrar diferentes medios de transporte. Su fácil manejo lo hace ideal para obtener información adicional acerca del flujo vehicular a analizar, a través de líneas de comandos, que pueden ser consultados fácilmente desde la página web del software. Además, posee una interfaz interactiva con el usuario que permite simular elementos que forman parte del tráfico vehicular, tales como semáforos, señalización de tránsito vertical y horizontal, paradas de buses, peatones, entre otros.

El escenario comprende dos tiempos de duración del semáforo en luz verde de 90 segundos y 120 segundos respectivamente. Los 90 segundos corresponden al tiempo de duración, con el que están configurados actualmente los semáforos de la intersección en luz verde, mientras que, los 120 segundos están asociados con la nueva propuesta de ampliar el tiempo de duración de semáforo en luz verde.

La función Summary es un output del software SUMO que presenta datos referentes a: número de vehículos presentes en la simulación que están insertados, cargados, en marcha, a la espera de ser insertados, que han llegado a su destino y el tiempo que necesitaron para terminar la ruta. Además, contiene información referente al tiempo de espera y tiempo de viaje promedio de cada uno de los vehículos [10].

Para el desarrollo de la simulación inicialmente se realizó la configuración del tiempo de duración de los semáforos en luz verde, así mismo se insertaron diferentes categorías de vehículos como automóviles, buses, camiones y motocicletas, así como la ruta por la cual los vehículos circulan. Una vez ejecutada la simulación se introduce la función "Summary" a través de la línea de comandos, dicha función es útil para obtener un reporte sobre el tiempo medio de espera y la velocidad media del viaje del flujo vehicular analizado.

Una alternativa a futuro sería la implementación de semáforos inteligentes, los cuales toman decisiones por sí mismos, es decir, que saben cuándo es mejor que los ciclos de paso de los vehículos se extiendan o cuando mostrar lo contrario. Por lo general, se integran cámaras que controlan el flujo vehicular, así mismo se puede incorporar el sistema de GPS el cual inspecciona el volumen del tráfico [11]. Algunas ciudades de Europa y Latinoamérica ya han implementado los semáforos inteligentes, la ciudad de Viena es un ejemplo de ello, debido a que ha encontrado una solución a la congestión vehicular mediante la implementación de semáforos inteligentes. Su sistema detecta cuando existe mayor afluencia de vehículos, así como también de peatones y sabe cuál es el momento indicado para cambiar de luz [12].

Por tal motivo, el objetivo de este caso de estudio es llevar a cabo simulaciones que se ajusten al comportamiento real de la movilidad en la intersección que une la Av. Salvador Bustamante Celi y Av. Isidro Ayora de la ciudad de Loja- Ecuador, para obtener información útil que permita conocer el flujo vehicular de la zona, así como, las principales dificultades que se derivan de este problema.

2. Materiales y métodos

2.1. Zona de estudio

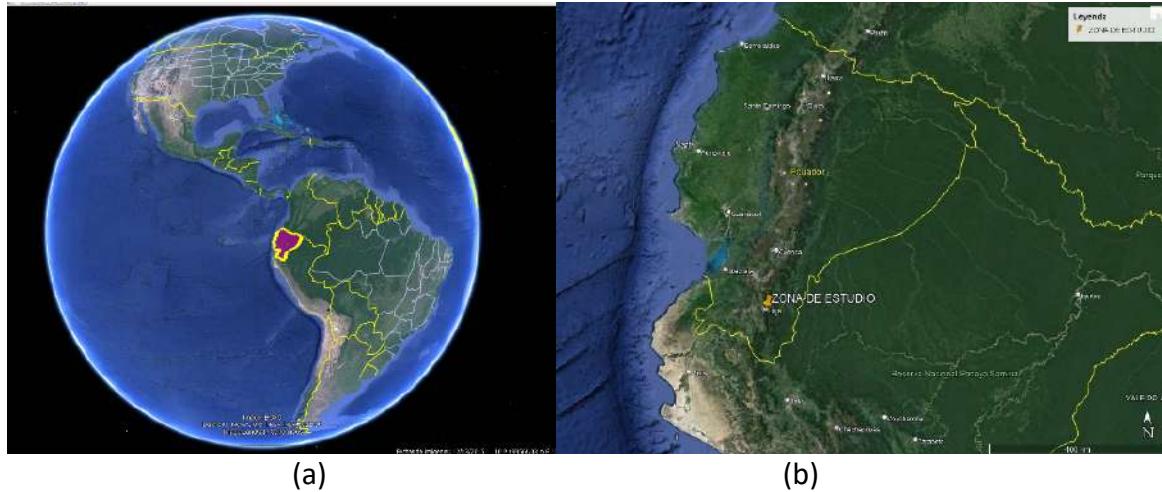


Figura 1. (a) Zona de estudio a nivel global: Ecuador y (b) Zona de estudio a nivel local: Loja

El estudio se lo realizó en Ecuador país ubicado en Latinoamérica (Ver Figura 1a). Específicamente en la ciudad de Loja, provincia ubicada al sur del país (Ver Figura 1b). La zona de estudio comprende la intersección de la Av. Isidro Ayora y Av. Salvador Bustamante Celi, siendo esta una de las principales vías conectoras entre el norte y el centro de la ciudad y, que diariamente permite la movilidad de un gran volumen de vehículos.

2.2. Materiales

Para la toma de datos se realizó un estudio de campo donde a través de la observación directa se pudo registrar todos los aspectos y características inherentes al flujo vehicular que existe en la intersección que une la Av. Salvador Bustamante Celi y Av. Isidro Ayora de la ciudad de Loja-Ecuador en el horario de 10:30 am a 11:30 am, debido a que, es una hora valle y permite contabilizar de mejor manera los vehículos.

Para realizar la simulación se empleó el software SUMO el mismo que permitió realizar una simulación en tiempo real y microscópica sobre el flujo vehicular que se evidencia diariamente en la zona. Para la simulación se utilizaron los datos recolectados por los autores, los cuales fueron útiles para evidenciar la realidad y los efectos que tiene el incremento del tiempo de la luz verde en los semáforos en la intersección.

2.3. Método

Para el desarrollo de este caso de estudio se realizó una investigación de campo donde se contabilizó la cantidad y el tipo de vehículos que transitan diariamente por la intersección durante el lapso de una hora. El caso de estudio es de tipo cuantitativo, debido a que, se recolectaron datos y en base a ello, con ayuda del software SUMO se realizaron simulaciones del flujo vehicular observado en la zona.

Además, para poder realizar las configuraciones en el software se midió el tiempo que tarda la luz verde del semáforo en cambiar de color con la finalidad de que esta simulación sea acorde a la realidad que se evidencia en esta intersección y a partir de ello, plantear alguna solución de acuerdo a la perspectiva de los autores, de modo que, su eficacia pueda ser probada a través del software antes mencionado.

El tiempo medio de espera hace referencia al espacio de tiempo en el que el vehículo se encuentra parado (se excluye la parada voluntaria) hasta su nueva partida. Por su parte, la velocidad media describe la media aritmética de las velocidades de recorrido de todos los vehículos que circulan por un determinado tramo de carretera [13].

La gestión del tiempo de los semáforos puede lograrse a través de la inteligencia artificial, cuya función estaría orientada a detectar por medio de cámaras y sensores la cantidad de vehículos presentes en la vía, así como, la existencia de peatones cerca o cruzando la calle, así con ayuda de algoritmos y el cruce de datos captados por las cámaras, se asignará el tiempo de los semáforos en función de la necesidad presentada [14].

Para el correcto funcionamiento y descongestionamiento de las vías, se debe tomar en cuenta la programación de semáforos inteligentes considerando aspectos como la importancia de las vías y la cantidad de vehículos que circulan en la zona. Actualmente, los semáforos inteligentes son una solución de movilidad ante el creciente flujo vehicular como es el caso en estudio [15].

Construcción de escenarios viales

Con el fin de desarrollar la simulación en SUMO, se han elaborado varios pasos para la construcción de escenarios viales. El primero de ellos llamado: (a) Obtención de las coordenadas de la intersección en las que se toma en cuenta la latitud y longitud (b) Descarga del mapa de la intersección la consiste en insertar las coordenadas de la zona de estudio en Open Street Map, el tercero llamado (c) Configuración de los semáforos que consiste modificar en tiempo que tardan en cambiar de luz los semáforos a luz verde y el cuarto denominado (d) Creación del flujo vehicular en donde se evidencia la inserción de los tipos de vehículos y el trazado de la ruta que van a seguir. A continuación, se explica el proceso y las características de cada uno de los pasos.

a) Obtención de las coordenadas de la intersección

Se utilizó la herramienta Google Earth Pro para obtener las coordenadas de la intersección correspondientes a latitud y longitud. A través de la opción “marca de posición” ubicada en la barra de herramientas del software, como se muestra en la Figura 2.

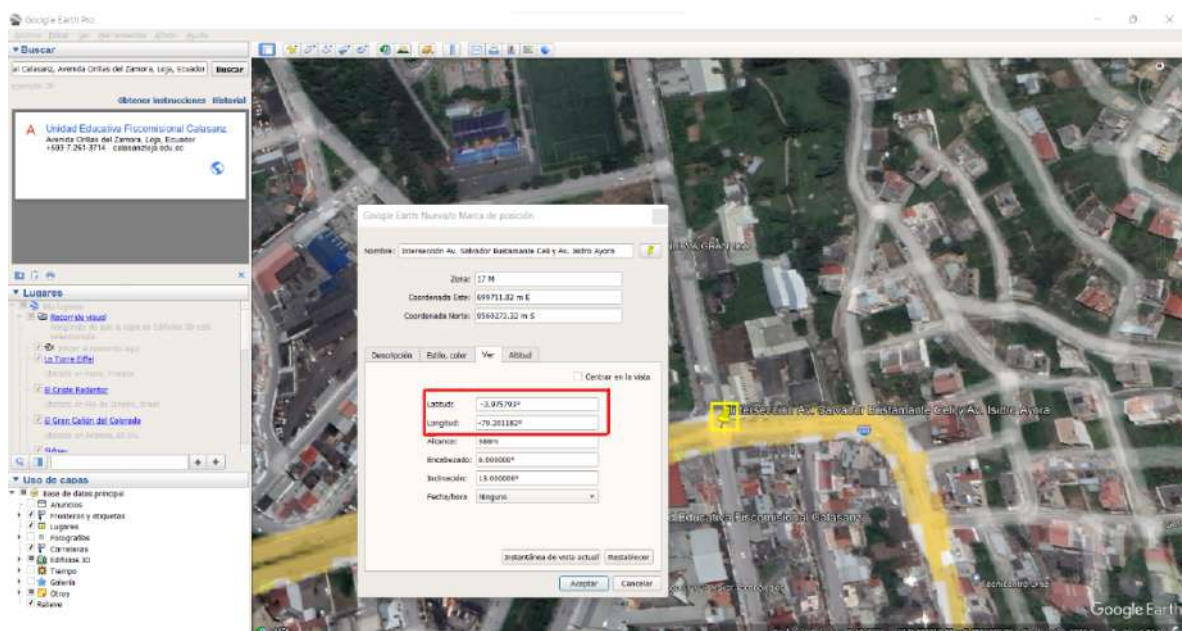


Figura 2. Herramienta de obtención de coordenadas geográficas.

b) Descarga del mapa de la intersección

Luego de obtener las coordenadas pertenecientes a la intersección en la herramienta Google Earth Pro, se procede a ingresar dichas coordenadas en el apartado derecho de la página de Open Street Map colocando primero la latitud y luego la longitud separados por un espacio. Seguidamente, se descarga el escenario vial en la opción "Generate scenario" (Ver Figura 3).

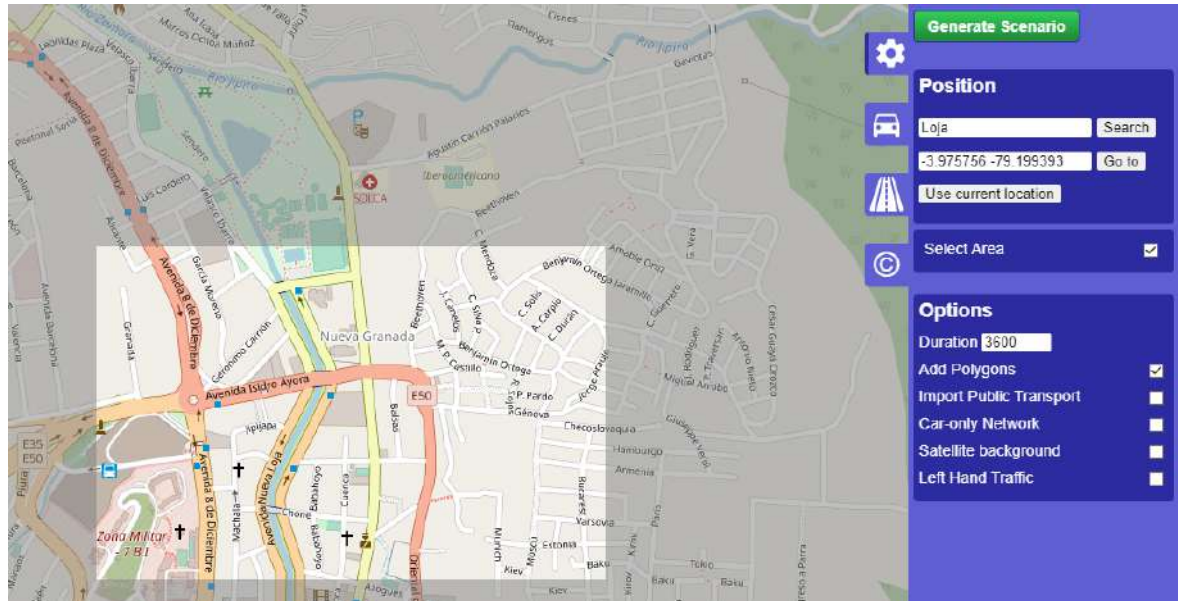


Figura 3. Herramienta Open Street Map para descargar escenario.

c) Configuración de los semáforos

Para realizar la configuración de los semáforos es necesario configurar el tiempo que tardan los semáforos en cambiar la luz verde, para ello se modificaron los valores que aparecen en la parte izquierda del software en la columna denominada "dur" de acuerdo con los tiempos requeridos, para el caso de estudio se modificó el campo de luz verde pasando de 90 segundos a 120 segundos (Ver Figura 4).

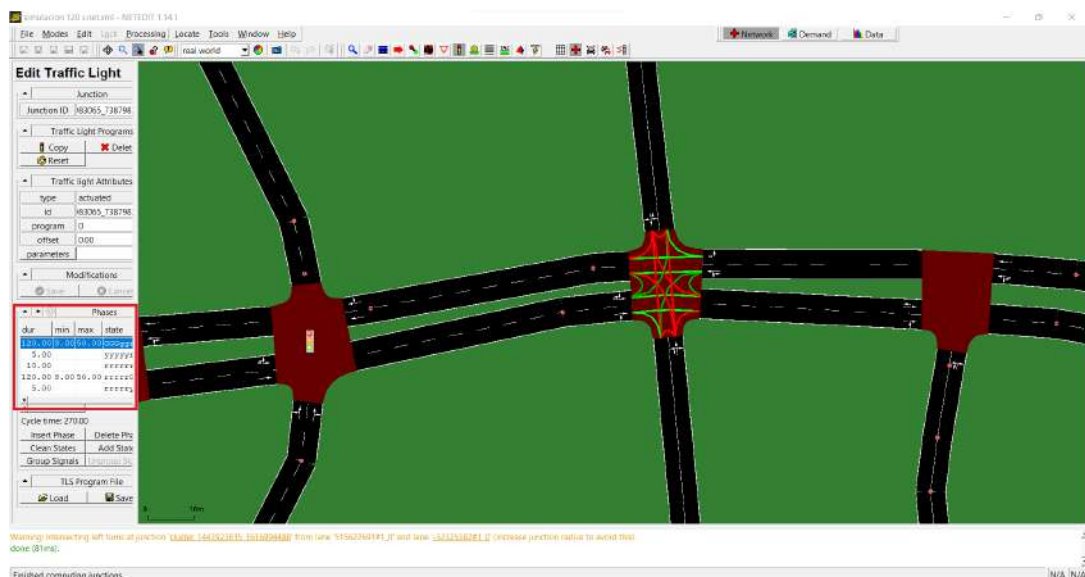


Figura 4. Cambio de tiempo de los semáforos en luz verde.

d) Creación del flujo vehicular

En primer lugar, se insertaron 4 tipos de vehículos: (1) vehículos privados y taxis, (2) buses, (3) camiones y (4) motocicletas, luego se ingresó el flujo vehicular por hora de cada uno de los vehículos insertados. Seguidamente, con la ayuda de la herramienta "route creator" se trazó la ruta en la que los vehículos circulan. Por último, una vez definida la ruta se procede a guardar los cambios y a observar la simulación a través de SUMO (Ver Figura 5).

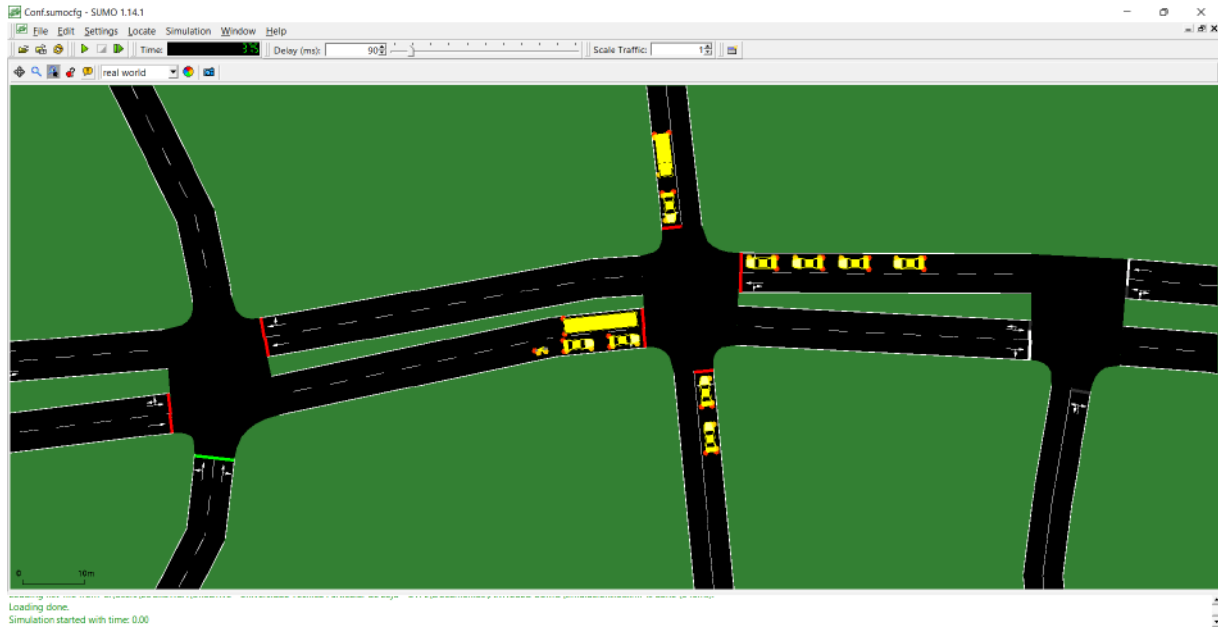


Figura 5. Simulación del flujo vehicular en el software SUMO.

3. Resultados

En esta sección se muestran los resultados que se obtuvieron al realizar una observación directa en la intersección mencionada. Se obtuvo que, en el lapso de una hora circularon 235 vehículos de distinta clasificación donde se identificaron: 200 vehículos privados y taxis, 10 buses urbanos e interprovinciales, 10 camiones y 15 motocicletas respectivamente. Los cuales se presentaron de forma alternada y muy variada, siendo los vehículos privados los que tuvieron mayor presencia en el tiempo establecido.

En base a los datos recolectados sobre el flujo vehicular de la zona, se realizaron las simulaciones en el software SUMO donde a partir de la función "Summary" se obtuvo un reporte sobre las dos variables de interés "velocidad media" y "tiempo de espera" que intervienen en el tiempo de viaje de quienes transitan en su vehículo por la intersección que une la Av. Salvador Bustamante Celi y Av. Isidro Ayora.

Para el desarrollo de la simulación en SUMO se consideraron dos fases: (1) los 90 segundos corresponden al tiempo que actualmente poseen los semáforos de la zona de estudio (2) los 120 segundos están asociados con la propuesta de incrementar el tiempo de permanencia de los semáforos en luz verde para favorecer la circulación de los vehículos. Con los resultados obtenidos en la simulación mediante la función "Summary" se obtuvo un reporte del tiempo medio de espera y la velocidad media de los vehículos.

3.1. Fase 1: Semáforo con tiempo actual de duración en luz verde de 90 segundos

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante la función "Summary" se evidencia que la media del tiempo máximo de espera es de 4,5 segundos que se encuentra en el intervalo comprendido entre el segundo 10 y 19. Sin embargo, en los segundos posteriores se evidencia un claro decrecimiento del tiempo de espera favoreciendo a la rápida circulación de los vehículos (Ver Figura 6).

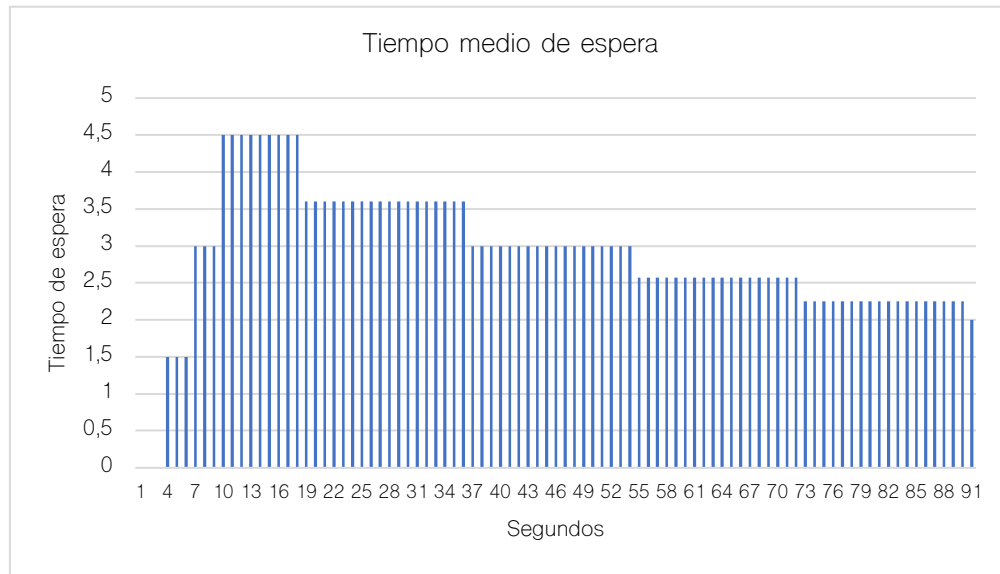


Figura 6. Decrecimiento del tiempo de espera con el tiempo actual de duración de los semáforos en luz verde a partir del segundo 20.

Como se observa en la Figura 7 en cuanto a la velocidad media, se ha encontrado un rango máximo de 15,3 m/s mientras que la velocidad mínima detectada es de 0,01 m/s.

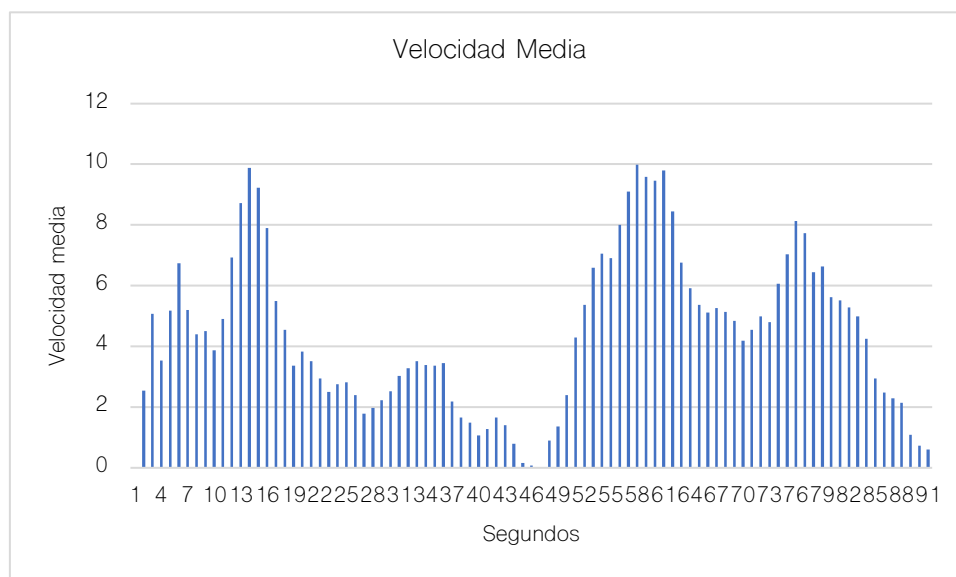


Figura 7. Velocidad media de los vehículos con el tiempo actual de duración de los semáforos en luz verde.

3.2. Fase 2: Tiempo de duración de la nueva propuesta en el cambio de luz verde a 120 segundos

Para el desarrollo de esta fase se simuló el escenario vehicular que se desea proponer para mejorar la circulación vial de la zona aumentando el tiempo de espera en que los semáforos deben cambiar la luz verde, el nuevo rango que se propone es de 2 minutos, es decir, 120 segundos. En la Figura 8, se muestra que existe un progreso considerable con respecto al tiempo medio entre los 90 y 120 segundos, dependiendo de cómo aumentan los segundos el tiempo medio de espera va reduciéndose, llegando a 1,8 segundos, es decir que la propuesta que se plantea ayudará a mejorar la circulación de los vehículos.

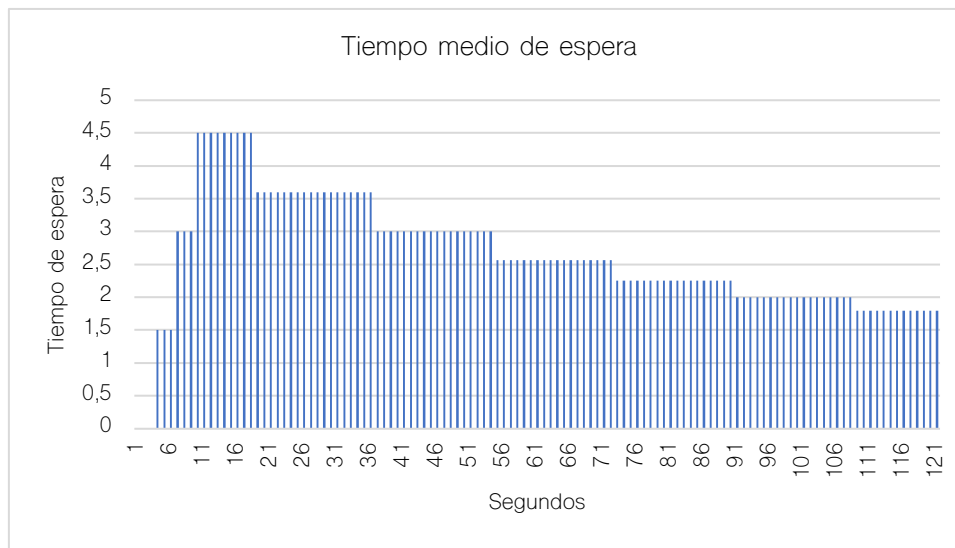


Figura 8. Decrecimiento del tiempo de espera con la nueva propuesta de duración de los semáforos en luz verde.

En relación con la velocidad media de los vehículos, se demostró que a partir de los 90 segundos existe un incremento sustancial de la velocidad media pasando de 2,48 m/s a 11,07 m/s en su punto máximo.

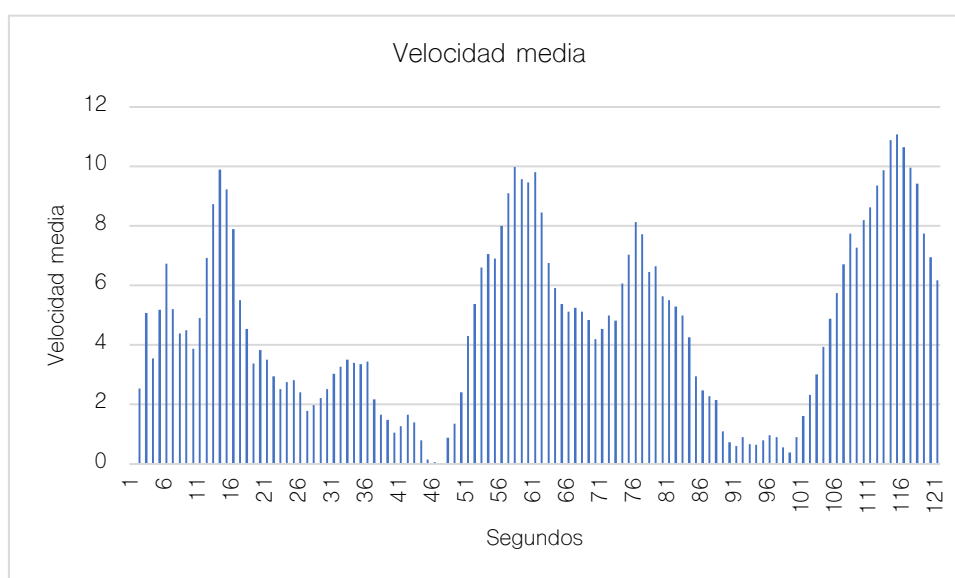


Figura 9. Velocidad media de los vehículos con la nueva propuesta de duración de los semáforos en luz verde.

En cuanto a la velocidad media entre los dos tiempos 90 y 120 segundos, se puede decir que existe altibajos como lo muestra la Figura 9, en donde en el segundo 90 tiene una velocidad media de 0,5 m/s, mientras que en los 120 segundos su velocidad es de 6 m/s.

4. Discusión

El tiempo de los 90 segundos que actualmente tienen programados los semáforos en esa área no es suficiente para que los vehículos puedan circular de una forma rápida y eficaz, esto provoca el congestionamiento vehicular sobre todo en las horas pico, en donde la mayoría de las personas desean movilizarse a su trabajo, hogar, área de estudio, más conocidos comúnmente como “polos de atracción de viajes”.

En tal virtud, se plantea incrementar el tiempo de duración de los semáforos en luz verde a 120 segundos para permitir el paso de una mayor cantidad de vehículos y con ello, evitar que muchos de los vehículos se encuentren detenidos por tiempos considerables en el tráfico y, por tanto, se produzcan cuellos de botella que impidan la normal circulación de los demás vehículos.

A nivel internacional, se han desarrollado múltiples investigaciones en torno a soluciones para disminuir el tráfico vehicular. En Lima (Perú) se realizó una evaluación de dos propuestas para mejorar el flujo vehicular en una intersección de la ciudad de Puno. Los resultados arrojaron que la modificación de los ciclos semafóricos es la opción más viable frente a la otra propuesta de realizar una redistribución vehicular en base a indicadores establecidos [16].

En el caso de estudio, los resultados obtenidos son favorables, puesto que, con el aumento del tiempo de los semáforos, el tiempo medio de espera de los vehículos disminuye considerablemente. De igual manera, la velocidad media aumenta conforme pasa el tiempo, es así como al extender el tiempo de duración de los semáforos en luz verde a 120 segundos se evidencian mejores condiciones para la circulación de vehículos.

Los resultados constituyen un gran aporte para la población lojana, en especial para quienes transitan diariamente por este sector, pues contribuiría a mejorar la movilidad en una parte de la ciudad, así como, a generar conocimiento en el campo del transporte que escasamente ha sido explorado en cuanto al desarrollo de investigaciones y análisis de problemáticas que afectan a la calidad de vida de los ciudadanos.

Así lo corrobora [17], quienes mencionan que mantener una buena coordinación de la red de semáforos en la ciudad, así como, la optimización de los ciclos y fases de estos es una herramienta fundamental para combatir la congestión vehicular, los problemas de congestión de tráfico y, sobre todo, la sobresaturación de vehículos que en mayor o menor medida ocasiona molestias a la sociedad.

En un estudio realizado en el cantón Montecristi, provincia de Manabí (Ecuador) se comprobó que la implementación de semáforos inteligentes tiene mayores ventajas que los semáforos tradicionales, pues gracias a su tecnología permite disminuir los tiempos de espera, mejora los flujos vehiculares y reducir en gran medida los accidentes de tránsito. Además, se propone que para obtener mejores resultados se puede complementar con otras herramientas tecnológicas como cámaras/inteligencia artificial [18].

Por otro lado, el software SUMO fue una herramienta de gran apoyo durante el estudio, ya que nos permitió simular la realidad que las personas evidencian día con día. Así mismo, a través de sus múltiples herramientas nos permitió simular el flujo vehicular de la zona y de esta manera, plantear una posible mejora que será de gran ayuda para el progreso de la ciudad.

Las principales limitantes presentadas durante la ejecución del trabajo están relacionadas con la escasez de información respecto a las estadísticas de tráfico de las vías de acceso a Loja, en este caso la intersección analizada permite el ingreso de gran cantidad de vehículos provenientes de la provincia de Zamora Chinchipe, lo cual dificultó obtener un resultado más preciso del flujo

vehículos que circulan diariamente por la intersección. Por lo que en futuras investigaciones podría ser interesante abordar estas limitaciones.

5. Conclusión

La congestión vehicular en la intersección de la de Av. Salvador Bustamante Celi y Av. Isidro Ayora se produce por problemas asociados con la programación de los semáforos dado el corto tiempo de duración del semáforo en luz verde, lo que genera la presencia de gran cantidad de vehículos en cola, dificultando de esta manera la rápida circulación de los vehículos y, por tanto, creando caos en la vía.

Frente a ello, se realizó una simulación del flujo vehicular en SUMO considerando dos tiempos límites de 90 y 120 segundos respectivamente donde: los 90 segundos corresponden al tiempo de duración que actualmente poseen los semáforos de la zona, a través de ello se puede evidenciar la realidad acerca de parámetros como la velocidad y los tiempos de espera a los que encuentran sometidos los conductores. Mientras que, los 120 segundos corresponden a la solución que se plantea en el caso de estudio.

Una vez realizada la simulación, mediante la función "Summary" se obtuvo un reporte de dos variables importantes: tiempo medio de espera y velocidad media de los vehículos. En cuanto al tiempo medio de espera entre los 90 segundos y 120 segundos, se pudo constatar que a medida que entre más se aumente el tiempo de los semáforos en luz verde, el tiempo de espera para los conductores será menor, a su vez se logrará que más vehículos circulen en la zona y se eviten los "cuellos de botella".

Con respecto a la velocidad media, se pudo observar que en la simulación realizada con 90 segundos esta alcanza una velocidad máxima de 15,3 m/s mientras que, con los 120 segundos se registra una velocidad de 11,07 m/s en su punto máximo. Si bien al incrementar el tiempo de los semáforos en luz verde, la velocidad media de los vehículos disminuye ligeramente, con los resultados obtenidos en la nueva propuesta se puede observar un mayor número de vehículos que transitan por la zona.

La medida planteada constituye una solución a cada uno de los problemas que se presentan en la intersección analizada como consecuencia de los prolongados tiempos de espera para los conductores, los cuales están relacionados con el estrés generado, el consumo de gasolina en exceso, mayor contaminación ambiental, retraso en los tiempos de viaje, caos vehicular e incluso accidentes de tránsito.

Las limitaciones que se presentaron en el estudio fueron principalmente, la falta de estadísticas en instituciones estatales respecto a la cantidad de vehículos que circulan dentro de las principales vías de la ciudad. A más de ello, se presentaron ciertas complicaciones con SUMO, debido a que, es un software de origen extranjero, por tanto, la información existente sobre el manejo de este está disponible en otra lengua diferente a la de los autores, representando así una dificultad al inicio del estudio.

Como trabajo a futuro se plantea el uso de semáforos inteligentes, puesto que ayudara a los vehículos a circular rápido y eficientemente, ya que su sistema realiza el cambio de luces en función de la necesidad detectada, es decir, que cuando exista mayor afluencia de vehículos el tiempo de permanencia del semáforo en verde será mayor. De igual forma, ocurre cuando se detecta la presencia de peatones intentando cruzar la calle el tiempo de permanencia del semáforo en rojo incrementará.

Contribución de autores: Los autores participaron en todas las etapas del manuscrito.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Bayona, B.; Márquez, T. La Congestión Vehicular En Lima. **2015**, 1, 9.
2. Ortega, J.; Moslem, S. Decision Support System for Evaluating Park & Ride System Using the Analytic Hierarchy Process (AHP) Method. *Urban, Plan. Transp. Res.* **2023**, 11, doi:10.1080/21650020.2023.2194362.
3. Thomson, I.; Bull, A. *La Congestión Del Tránsito Urbano: Causas y Consecuencias Económicas y Sociales*; **2004**; ISBN 9213225636.
4. Ortega, J.; Moslem, S.; Tóth, J.; Ortega, M. A Two-Phase Decision Making Based on the Grey Analytic Hierarchy Process for Evaluating the Issue of Park-and-Ride Facility Location. *J. Urban Mobil.* **2023**, 3, 100050, doi:10.1016/j.urbmob.2023.100050.
5. Fernández, R.; Dextre, J. *Elementos de La Teoría Del Tráfico Vehicular*; **2011**; ISBN 9789972429538.
6. Asshad, T.; Cabrera, F.; Roa, O. Análisis Del Congestionamiento Vehicular Para El Mejoramiento de Vía Principal En Guayaquil-Ecuador. *Rev. Gace* **2020**, 21, 4–23, doi:10.13140/RG.2.2.21905.04960.
7. Navarrete, A. Accidentes y Rápido Cambio de La Luz Amarilla. Regla de Tiempos de Las Luces de Semáforos. Available online: <https://www.eluniverso.com/opinion/2018/12/08/nota/7087257/accidentes-rapido-cambio-luz-amarilla-regla-tiempos-luces-semaforos/>.
8. Ortega, J.; Lengyel, H.; Ortega, J. Design and Analysis of the Trajectory of an Overtaking Maneuver Performed by Autonomous Vehicles Operating with Advanced Driver-Assistance Systems (ADAS) and Driving on a Highway. *Electron.* **2023**, 12, doi:10.3390/electronics12010051.
9. Coloma, W. Análisis de Las Herramientas de Generación de Demanda de Tráfico En Sumo. Caso de Estudio: Vías de Acceso a Quito. **2019**, 1, 4–5.
10. German Aerospace Center Sumary Available online: <https://sumo.dlr.de/docs/Simulation/Output/Summary.html>.
11. Bances, M.; Ramos, M. Semáforos Inteligentes Para La Regulación Del Tráfico Vehicular. *Ing. Ciencia, Tecnol. e Innovación* **2015**, 1, 37, doi:10.26495/icti.v1i1.113.
12. Mendiola, J. Viena Estrenará Semáforos 'inteligentes' Que Detectaran Las Intenciones de Los Peatones Available online: https://elpais.com/tecnologia/2019/05/30/actualidad/1559210973_315830.html.
13. Méndez, D. Maestría En Vías Terrestres Propedéutico. **2009**, 1, 1–32.
14. Velásquez, B.; Solier, J. Sistema Inteligente de Gestión de Tráfico. *Univ. Peru. Ciencias Apl.* **2017**, 1.
15. Mafla, G.; Aldiniver, O. Estudio de Los Algoritmos de Reconocimiento de Patrones Para La Automatización de Un Semáforo Inteligente. *Manaj. Asuhan Kebidanan Pada Bayi Dengan Caput Succedaneum Di Rsud Syekh Yusuf Gowa Tahun* **2014**, 4, 9–15.
16. Avalos, E. *Microsimulación de Flujo Vehicular Para Reducir El Congestionamiento En Una Intersección de La Ciudad de Puno, 2021*; **2021**; ISBN 0000000344128.
17. Lema, C.; Pedreira, L.; Bouza, G.; Allende, S. Regulación de Las Cuatro Fases de Los Ciclos de Los Semáforos de Un Cruce Urbano Mediante Un Algoritmo Basado En Recocido

- Simulado. *An. ASEPUMA* **2010**, 120, 1–20.
18. Delgado, K. Prototipo de Semáforo Inteligente Para Control de Tránsito Terrestre Mediante Sensores de Proximidad Para El Cantón Montecristi. *Repos. Digit. Cesar Vallejo* **2022**, 33.

Reseña de los autores:



Adriana Chamba

Estudiante de la Universidad Técnica Particular de Loja. Miembro del grupo de investigación de la carrera de Logística y Transporte. Acreedora de la beca de excelencia académica desde el período Abril 2020–Agosto 2020 hasta la actualidad. Reconocimiento del Premio Humanístico Tomás Moro versión estudiantes en el período Abril 2022–Agosto 2022.



María Yaguana

Estudiante de la Universidad Técnica Particular de Loja. Miembro del grupo de investigación de la carrera de Logística y Transporte. Beneficiaria de la beca nivel de ingresos desde el período de Abril 2020–Agosto 2020 hasta la actualidad. Integrante de la directiva de estudiantes de la carrera de Logística y Transporte durante dos años consecutivos.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Use of medicinal plants according to the ancestral knowledge of the indigenous peoples of the Yacuambi Canton, Zamora Chinchipe-Ecuador

Robinson J. Herrera-Feijoo ^{1,*}  Luzmila Morocho ^{2,*}  Diego Vinueza ³  Rolando Lopez-Tobar ^{1,*}
Cristhian Chicaiza-Ortiz^{*2,4,5,6}  

¹ Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo Av. Quito km, 1 1/2 Vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo 120550, Ecuador

² Faculty of Life Sciences, Amazon State University (UEA), Luis Imaicela, El Pangui – Zamora Chinchipe, Ecuador

³ Natural Products Laboratory, Polytechnic School of Chimborazo (ESPOCH), Panamericana Sur km 1 ½, Riobamba, Ecuador

⁴ Biomass to Resources Group, Amazon Regional University (IKIAM), Tena, Napo 150150, Ecuador

⁵ Programa de posgrado en Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo. Área de ambiente y sustentabilidad. Universidad Andina Simón Bolívar, Quito, Ecuador

⁶ China-UK Low Carbon College, School of Environmental Science and Engineering, Shanghai Jiao Tong University, China.

* Both names are first authors

 Correspondencia: cristhianchicaiza@hotmail.com  + 593 0980563032

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj61063>

Abstract: Ancestral knowledge about medicinal plants plays a fundamental role in health. Despite this, this knowledge has received little attention, linked to the loss of cultural identity. Under this context, the present research is developed, whose objective is to document the use of medicinal plants, preparation technique, route of administration and the diseases treated, based on the ancestral knowledge of the indigenous peoples of the Yacuambi canton. Regarding the methodology used: semi-structured interviews were applied to 53 people over 40 years of age, from eight rural communities, belonging to three parishes of the canton, which allowed gathering information on the species of plants used, their vegetative parts, preparation techniques and route of administration. Among the results, 103 species of medicinal plants distributed in 47 families were recorded, being Lamiaceae the most representative with 12 species, followed by Asteraceae with 11 species; women use more plants than men, whose age varies mainly between 40 – 45 years; most use the leaves and the most common technique of preparation was the infusion, to treat different diseases, by oral administration. Among the most used species are *Clinopodium brownei* (Sw.) Kuntze (1) and *Solanum americanum* Mill. (0.92), which represents the highest knowledge richness index and the highest use-value index. These species are of great importance because they may have the greatest potential for future use as a resource for the pharmaceutical industry

Keywords: Ecuador; Yacuambi; Indigenous peoples; Medicinal plants; ethnobotany



Cita: Herrera-Feijoo, R. J., Morocho, L., Vinueza, D., Lopez-Tobar, R., & Chicaiza-Ortiz, C. (2023). Use of medicinal plants according to the ancestral knowledge of the indigenous peoples of the Yacuambi Canton, Zamora Chinchipe-Ecuador. Green World Journal, 6(1), 63.
<https://doi.org/10.53313/gwj62063>

Received: 03/Mar /2023

Accepted: 08/May /2023

Published: 13/May /2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license. Creative Commons Attribution (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

1. Introduction

The use of medicinal plants comprises empirical practices, which represent the confluence of knowledge, skills, beliefs, and experiences of different cultures, which have been used to treat illnesses [1–4]. Some species of medicinal plants have played and continue to play an essential role in the religious rites of ancient cultures [2,5–7]. Additionally, medicinal plants have been an integral part of the human experience, particularly for indigenous peoples who rely on plant resources to treat their maladies, and have been a tradition passed down through centuries [8–10].

In Ecuador, 5172 useful species are reported, of which 60% are medicinal, 55% are a source of materials for construction use, 30% are edible, and 20% are used in so-called social uses, including religious rites similar practices. The sum of these percentages exceeds 100%, which means that many species have multiple uses [11]. Moreover, in the country, the Kichwa Saraguro nationality has 370 useful species for medicinal purposes, highlighting the province of Loja with the most extensive record of the use of medicinal plants, while the Shuar nationality has 781 useful species for medicinal purposes [11].

In this context, in the Yacuambi canton, a city located in the south of the Amazon region, the ancestral knowledge has been relegated in many cases due to the lack of interest of the current generations, the lack of valuation, and the need for a proper legal order, oriented to its conservation [12–14]. One of the main reasons is the lack of economic resources in the indigenous families, which conditions them to migrate to the cities. This fact leads to a change of lifestyle. Therefore, they are influenced by new aesthetic paradigms of the dominant culture; young people being exposed to external influences, it becomes more challenging to preserve their cultural identity with such knowledge, leading to cultural erosion [15,16].

Therefore, in response to the ongoing loss of information about natural resource-based medicine, we propose to conduct this research from an ethnobotanical perspective to document the indigenous peoples of the canton Yacuambi's use of medicinal plants, their preparation technique, route of administration, and the diseases treated, all based on ancestral knowledge.

2. Materials and Methods

2.1 Study area

The research was conducted in eight rural communities in the Yacuambi canton, province of Zamora Chinchipe, in the southern Amazon region of Ecuador (Figure 1). In four communities, there is a prevalence of the Kichwa Saraguro nationality (Sayupamba, Chonta Pamba, Guandus, and Cambana) and four of the Shuar nationality (Napurak, Washikia, Kurintza, and Kim).

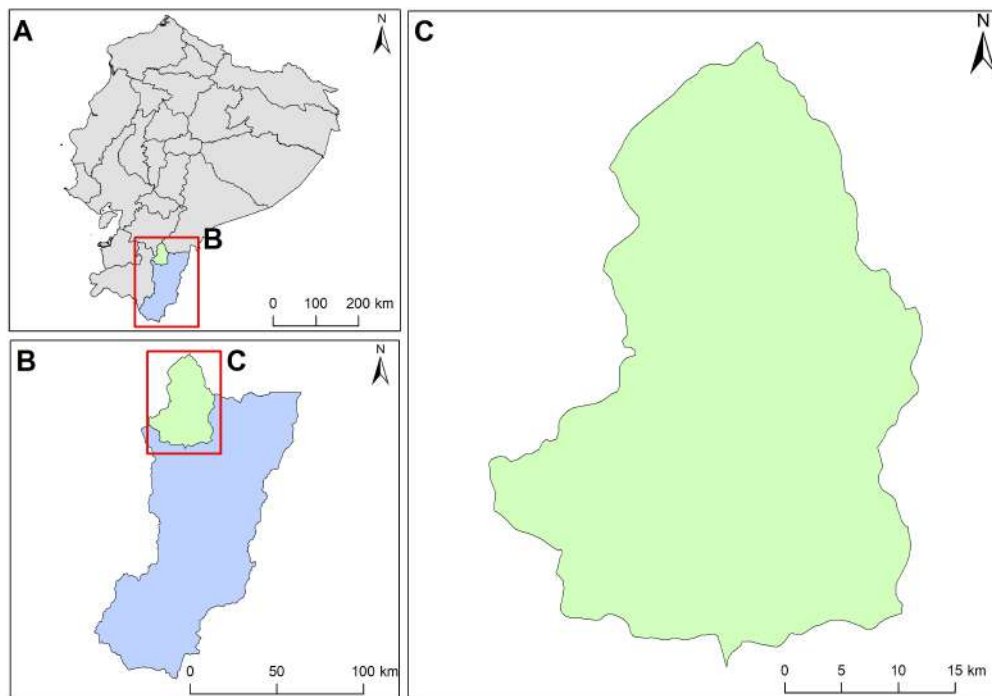


Figura 1. Study area; (a) Ecuador; (b) Zamora Chinchipe Province; (c) Yacuambi Canton.

2.2 Population, sample and data processing

The total population of the canton is approximately 7,121 inhabitants, which is composed of the following ethnic groups: indigenous (Saraguro and Shuar) with 71.71%, mestizo with 27.08% and less than 1% correspond to blacks, montubios and 17 whites[17]. The following formula was applied to calculate the sample size [18].

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

where:

n = Sample size required

N = Population Size or Universe

Z^2 = Statistical parameter that depends on the Confidence Level (LC).

e = Maximum accepted estimation error

p = Probability of occurrence of the studied event (success).

q = (1 - p) = Probability that the event under study does not occur.

Replacing the values in the formula, a sample size of 280 persons was obtained for the application of surveys and interviews. Due to the COVID-19 pandemic and the political situation, at that time, due to the campaigns for the election of the president of Ecuador, it was not possible to comply with the established number of samples because it was difficult to access their communities since many people were afraid of being infected by the virus. However, 53 people were interviewed, of which 36 belonged to the Kichwa Saraguro nationality and 17 to the Shuar nationality.

According to López-Santiago et al. [19], the minimum accepted sample size to consider the research as reliable is 30 units. Therefore, it can be said that 53 is the considerable sample size for this research. The following is the methodology used to conduct the study on medicinal plants. Semi-

structured interviews were conducted with the help of a questionnaire with people over 40 years of age because they have greater knowledge about the uses of ancestral medicine in their communities, which allowed information to be gathered about the plants used to treat a disease, traditional medicinal uses, methods of preparation, route of administration and parts of the plant. In addition, information was collected on sociocultural aspects such as age and sex. Each plant reported for medicinal use was photographed, described, collected and herborized. Identifications were made at the ECUAMZ Herbarium of the Universidad Estatal Amazónica with the help of Dr. David Neill and Dr. Diego Gutiérrez. The scientific names were revised and written according to the databases of Trópicos Home.

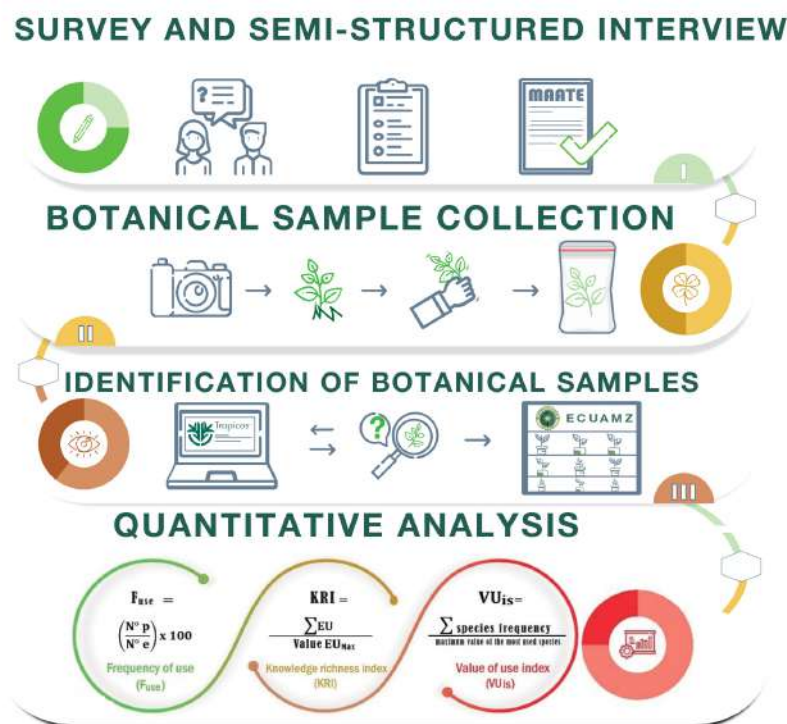


Figura 2. Methodology used to carry out the study on the use of medicinal plants.

Table 1. Sampling points with their respective geographical coordinates

Place	Nationality	Altitude	Latitude	Longitude
Napurak	Shuar	980m	03°43'50.06"S	078°52'46.72"W
Washikia	Shuar	1010m	03°41'34.05"S	078°51'25.37"W
Kurintza	Shuar	884m	03°46'74.3"S	078°53'38.41"W
El Kiim	Shuar	980m	03°47'5.19"S	078°54'4.33"W
Sayupamba	Saraguro	1488.57m	03°32'44.67"S	078°55'29.23"W
Conta Pamba	Saraguro	1588.66m	03°37'2.06"S	078°57'13.4"W
Guandus	Saraguro	1277m	03°63'46.9"S	078°92'75.7"W
Cambana	Saraguro	1200m	03°39'46.12"S	078°54'42.39"W

2.3 Richness, value y frequency of use

In order to quantify and statistically validate the information collected, the richness indexes were calculated. (KRI), value of use (VUis) and frequency of use (Fuse), according to the methodology adapted from [20].

2.3 Richness, value y frequency of use

In order to quantify and statistically validate the information collected, the richness indexes were calculated. (KRI), value of use (VUis) and frequency of use (Fuse), according to the methodology adapted from [20].

2.3.1 Knowledge richness index (KRI)

Refers to the wealth of knowledge that a user has about the possibilities of using plants in his community:

$$KRI = \frac{\sum EU}{Value\ EU\ max}$$

where:

KRI= richness of knowledge of a user of identified medicinal species in relation to the totality of the species found.

EU = number of useful species recorded by a user.

Value EU max= total value of species recorded in the study.

2.3.2 Value of use index (VUis)

Means the importance of a given species according to the degree of its use and compared to other species.

$$VUis = \frac{\sum species\ frequency}{Maximum\ value\ of\ the\ most\ used\ species}$$

where:

VU_{is} = is the index of use-value of the species *is*.

Maximum value of the most used species = is the maximum value of the species that obtained the highest report in the whole sample, by the users, that is, the most used.

The UV_{is} is varies between 0 and 1, with 1 being the species with the highest use-value, which is why it is appreciated and sought after for its high utility [20].

2.3.2 Frequency of use (Fuse)

Refers to the number of times a user uses a species

$$Fuse = \left(\frac{N^o\ p}{N^o\ e} \right) \times 100$$

where:

Fuse= frequency of use of the medicinal plant.

$N^o\ p$ = number of times the species was mentioned.

$N^o\ e$ = total number of interviews conducted.

The data were processed in Microsoft Excel®. Origin 2019® and IBM SPSS Statistics 25® were used to generate the figures.

3. Results

3.1. Demographic characteristics

According to the results generated (Figure 3), it is evident that 58.82% of the interviewed persons of the Shuar nationality are in the 40–45 age range. The rest corresponds to an age range between 45–50 years old (23.53%); while 36.11% corresponds to the Kichwa Saraguro nationality, which is in the 40–45 age range, and 22.22% is in the 50–55 age range. Considering the total population interviewed, 43.40% were in the 40–45 age range, and the minor proportion fluctuated between 75 and 80 years of age (7.50%).

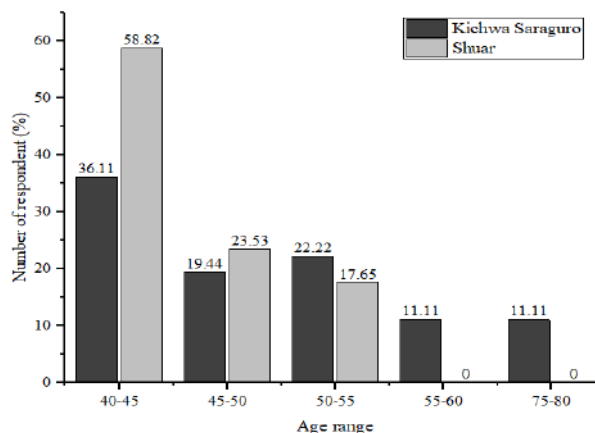


Figura 3. Age of the surveyed inhabitants of the two nationalities Kichwa Saraguro and Shuar

3.2. Gender

The information collected according to the gender of the people interviewed were women, 88.89 % corresponded to the Kichwa Saraguro nationality and 11.11 % to the male gender; while 36.11 % corresponded to women of the Shuar nationality and 11.11 % to the male gender. Of the total interviewed, 84.91% were women, and 15.09% were men (Figure 4).



Figura 4. Age of the surveyed inhabitants of the two nationalities Kichwa Saraguro and Shuar

There were 103 species of medicinal plants, recorded from interviews with at least one medicinal use, corresponding to 47 vascular plant families, of which the best-represented plant families mentioned are the Lamiaceae with 12 species equivalent to 11.76% of the total, followed by Asteraceae with 11 species (10.78%), and Solanaceae with five (4.9%). The Malvaceae and Urticaceae families were represented with four species equivalent to (3.92%). The three species were

represented by the Brassicaceae, Lauraceae, Orchidaceae, and Rosaceae families. The rest of the families had only two and one species, respectively (Table 2).

Tabla 2. Main plants used, with their respective vegetative parts, methods of preparation, route of administration for different diseases.

Family name	Botanical name	Vernacular name	Plant part used	Method of preparation	Route of administration	Ethno-medicinal uses
Acanthaceae	<i>Justicia secunda</i> Vahl	Biblia	Flowers	Infusion	Oral	Cough
Aloeaceae	<i>Aloe vera</i> (L.) Burm. F.	Sábila	Leaves	Infusion	Oral	Head, Headache, Cangrene and Inflammation of the stomach
Amaranthaceae	<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	Paico	Leaves	Bath	Topical	Bad air, Bad air big, Bad cold air and Memory
Amaranthaceae	<i>Iresine</i> sp.	Escancel	Leaves and Stem	Infusion	Oral	Head, Cangrene and Fever
Amarilidaceae	<i>Allium sativum</i> L.	Ajo	Seed	Chewed	Oral	Cough and Baudeagua
Amarilidaceae	<i>Allium cepa</i> L.	Cebolla	Bulb and Roots	Infusion	Oral	Cirrhosis
Anacardiaceae	<i>Mangifera</i> sp.	Mango	Leaves	Infusion	Oral	COVID-19
Annonaceae	<i>Annona muricata</i> L.	Guanabana	Leaves	Infusion	Oral	COVID-19
Apiaceae	<i>Daucus carota</i> L.	Zanahoria	Bulb	Juice	Topical	Sight
Apiaceae	<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) Mansf.	Perejil	Roots	Juice	Oral	Menstruation irregular
Aquifoliaceae	<i>Ilex guayusa</i> Loes.	Guayusa	Leaves	Infusion	Oral	Antiparasitic, Toothache and Shamanic Rituals
Asteraceae	<i>Acmella brachyglossa</i> Cass.	Sesa	Leaves	Infusion	Oral	Diarrhea
Asteraceae	<i>Elephantopus</i> sp.	Oreja de conejo 1	Whole plant	Infusion	Oral	COVID-19
Asteraceae	<i>Tanacetum parthenium</i> (L.) Sch. Bip.	Santa maría de Sierra	Leaves	Bath	Topical	Jamalli and Baudeagua
Asteraceae	<i>Matricaria chamomilla</i> L.	Manzanilla	Whole plant	Infusion and Bath	Oral	Stomachache
Asteraceae	<i>Tagetes erecta</i> L.	Haya rosas	Flowers	Chewed	Topical	Baudeagua and Jamalli
Asteraceae	<i>Tagetes elliptica</i> Sm.	Haya rosas	Flowers	Chewed	Topical	Baudeagua and Jamalli
Asteraceae	<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Mié.	Lechuguilla	Whole plant	Juice	Oral	Diarrhea
Asteraceae	<i>Ambrosia peruviana</i> Willd.	Marco	Leaves	Bath	Topical	Jamalli
Asteraceae	<i>Ambrosia artemisioides</i> Meyen y Walp.	Marco	Leaves	Bath	Topical	Jamalli
Asteraceae	<i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers.	manos de Dios	Whole plant	Infusion	Oral	Cirrhosis, Stomachache, Colic to the liver and Liver problems
Asteraceae	<i>Pseudelephantopus spicatus</i> (B. Juss. ex Aubl.) C.F. Baker	Oreja de conejo 2	Whole plant	Infusion	Oral	COVID-19
Balsaminaceae	<i>Impatiens hawkeri</i> W. Bull	Begonia rojo	Flowers	Infusion	Oral	Head
Begoniaceae	<i>Begonia cucullata</i> Willd.	Sacha begonia	Whole plant	Decoction	Oral	Head
Begoniaceae	<i>Tynanthus panurensis</i> (Mesa) Sandwith	Clavo huasca	Leaves	Maceration	Topical	Female aphrodisiac
Brassicaceae	<i>Nasturtium officinale</i> WT Aiton	Berro	Branches	Poultice	Oral	Anemia
Brassicaceae	<i>Rorippa bonariensis</i> (Poir.) Macloskie	Berro	Branches	Poultice	Oral	Anemia
Brassicaceae	<i>Lepidium bipinnatifidum</i> Desv.	Chichira	Branches	Infusion	Oral	Ricaida
Caryophyllaceae	<i>Dianthus caryophyllus</i> L.	Clavel	Flower	Infusion	Oral	vomiting
Crassulaceae	<i>Kalanchoe fedtschenkoi</i> Raym.-Hamet y H. Perrier	Condorcoles	Leaves	Infusion	Oral	Head
Costaceae	<i>Cheilocostus</i> sp.	Caña agria	Stem	Decoction	Oral	COVID-19 and Diabetes
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché	Zambo	Br	Infusion	Oral	Stomach colic and Purgative.

Chloranthaceae	<i>Hedyosmum cumbalense</i> H. Karst.	Guayusa del cerro	Leaves	Infusion	Oral	Stomachache
Equisetaceae	<i>Equisetum bogotense</i> Kunth	Cola de Caballo	Whole plant	Infusion	Oral	Infections
Euphorbiaceae	<i>Croton lechleri</i> Mull. Arg.	Sangre de drago	Re		Topical	Cicatrizant, Varicella, Gastritis and Ulcers
Euphorbiaceae	<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	Ushu	Stem	Chewed	Topical	Grain on the skin
Gentianaceae	<i>Potalia resinifera</i> Mart.	Curarina	Leaves	Poultice	Topical	Paludisme and Snake bite
Heliconiaceae	<i>Heliconia marginata</i> (Griggs) Pittier	Shacha platanillo	Bu, Rz	Juice	Topical	Bad air big
Lauraceae	<i>Ocotea quixos</i> (Lam.) Kosterm.	Ishpink	Leaves	Infusion	Oral	Flu
Lauraceae	<i>Nectandra</i> sp.	Inshpingo	Fruit	Chewed	Topical	A cold
Lauraceae	<i>Cinnamomun</i> sp.	Canela	Bark	Infusion	Oral	COVID-19 and A cold
Lamiaceae	<i>Clinopodium brownei</i> (Sw.) Kuntze	Poleo	Whole plant	Juice	Topical	Bad air and Bad cold air
Lamiaceae	<i>Hyptis</i> sp.	Pedorrera	Branches	Infusion	Oral	Diarrhea
Lamiaceae	<i>Hyptis eriocephala</i> Benth.	Poleo negro	Branches	Infusion	Oral	Stomachache
Lamiaceae	<i>Ocimum campechianum</i> Mill.	Albahaca	Branches	Infusion	Oral	Stomachache
Lamiaceae	<i>Melissa officinalis</i> L.	Toronjil	Branches	Infusion	Oral	Nerves
Lamiaceae	<i>Mentha piperita</i> L.	Menta	Branches	Infusion	Oral	Stomach colic
Lamiaceae	<i>Mentha spicata</i> L.	Hierba buena	Roots and Leaves	Infusion	Oral	Stomach colic
Lamiaceae	<i>Origanum vulgare</i> L.	Orégano	Leaves	Infusion	Oral	Stomachache and Stomach colic
Lamiaceae	<i>Salvia rosmarinus</i> Schleid.	Romero	Branches	Decoction	Oral	Hair loss
Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i> Griseb.	Poleo grande	Leaves	Juice	Topical	Stomachache and Bad air
Lamiaceae	<i>Salvia liliifolia</i> Vahl	Chía cimarrona	Branches	Infusion	Oral	COVID-19
Lamiaceae	<i>Origanum majorana</i> L.	Orégano	Branches	Infusion	Oral	Stomachache and Stomach colic
Loranthaceae	<i>Psittacanthus</i> sp.	Suelda suelda	Leaves	Poultice	Topical	Blows
Lythraceae	<i>Cuphea strigulosa</i> Kunth	Kumpia	Branches and Leaves	Poultice	Topical	Snakebite and Hypertension
Lycopodiaceae	<i>Lycopodium</i> sp.	Trencilla	Whole plant	Infusion	Topical	Stomachache, Fright, Jamalli, Bad air
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis caapi</i> (Spruce ex Griseb.) CV Morton	Ayahuasca /Natem	Vines	Infusion	Oral	Shamanic Rituals
Malvaceae	<i>Sida poeppigiana</i> (K. Schum.) Fryxell	Willuk	Leaves	Poultice	Topical	Jamalli
Malvaceae	<i>Malva</i> sp.	Malva blanca	Flowers	Infusion	Oral	Infection and Settled heat
Menispermaceae	<i>Abuta grandifolia</i> (Mart.) Sandwith	Tsank Numi	Roots	Infusion	Oral	Female sterility and /Anemia
Malvaceae	<i>Malachra alceifolia</i> Jacq.	Malva amarillo	Flowers	Infusion	Oral	Diarrhea, Head and Vomit
Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	La mora/uña de gato	Bark	Chewed	Topical	Cancer
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Guineo tocho	Fruit	Poultice	Topical	Head
Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i> sp.	Eucalipto	Leaves	Bath	Topical	Cold
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	Fruit and Leaves	Infusion	Oral	COVID-19 and Diarrhea
Olacaceae	<i>Heisteria acuminata</i> (Bonpl.) Engl.	Chuchuguazo	Bark	Poultice	Topical	Rheumatic pains, Muscle aches and Blows
Orchidaceae	<i>Epidendrum</i> sp.	Espíritu blanco	Flowers	Infusion	Oral	Bad air
Orchidaceae	<i>Epidendrum</i> sp.	Espíritu naranja	Flowers	Infusion	Oral	Bad air
Orchidaceae	<i>Epidendrum calanthum</i> Rchb. F. & Warsz.	Espíritu rosado	Flowers	Infusion	Oral	Bad air
Passifloraceae	<i>Passiflora</i> sp.	Granadilla	Leaves	Poultice	Topical	Baby pushes
Plantaginaceae	<i>Plantago major</i> L.	Llantén	Leaves	Infusion	Oral	Infection, Head and Settled heat
Piperaceae	<i>Piper aducum</i> L.	Matico	Leaves	Bath	Topical	Infection

Piperaceae	<i>Piper</i> sp.	Matico	Leaves	Bath	Topical	Infection
Piperaceae	<i>Piper</i> sp.	Matico rosado	Leaves	Infusion	Oral	COVID-19
Piperaceae	<i>Piper</i> sp.	Sacha matico	Leaves	Bath	Topical	Cold and Jamalli
Piperaceae	<i>Piper umbellatum</i> L.	Santa maría	Leaves	Bath	Topical	Cold and Jamalli
Piperaceae	<i>Piper</i> sp.	Huaviduca	Leaves	Infusion	Oral	Infection
Piperaceae	<i>Peperomia</i> sp.	Congona	Whole plant	Infusion	Oral	Diarrhea and Stomachache
Poaceae	<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf	Hierba Luisa	Leaves and Roots	Infusion	Oral	Nerves, Stomachache and Diarrhea
Poaceae	<i>Zea mays</i> L.	Maíz blanco	Seed	Infusion	Oral	Head and Stomachache
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca rivinoides</i> Kunth y CD Bouché	Rabo de ratón	Fruit	Bath	Topical	Dandruff
Rosaceae	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	Mora silvestre	Leaves	Poultice	Topical	Cangrene
Rosaceae	<i>Acaena</i> sp.	Tintinilla	Leaves	Infusion	Oral	Nerves
Rosaceae	<i>Rosa</i> sp.	Rosas blancas	Flowers	Infusion	Oral	Head and Infection
Rubiaceae	<i>Alibertia patinoi</i> (Cuatrec.) Delprete & CH Press.	Borojó	Fruit	Juice	Oral	Memory
Rubiaceae	<i>Chinchona</i> sp.	Cascarilla	Bark	Maceration	Topical	COVID-19
Rutaceae	<i>Ruta graveolens</i> L.	Ruda	Branches	Cleans	Topical	Bad air big, Bad air, Jamalli and Cold
Rutaceae	<i>Citrus x limon</i> (L.) Osbeck	Limón pequeño	Fruit	Juice	Oral	Flu, COVID-19 and Head
Solanaceae	<i>Cestrum peruvianum</i> Willd. ex Roem. & Schult.	Sauco negro	Leaves	Bath	Topical	Fever
Solanaceae	<i>Nicotiana tabacum</i> L.	Tabaco/Tsaank	Leaves	Maceration	Topical	Flu and Baudeagua
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i> Mill.	Mortiño	Leaves	Juice	Topical	Bad air and Fever
Solanaceae	<i>Brugmansia suaveolens</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Bercht. & C. Presl	Floripondio/Maikua	Leaves	Maceration	Topical	Rheumatism, Snake bite and Heal wounds
Solanaceae	<i>Solanum tuberosum</i> L.	Papas	Seed	Poultice	Topical	Head
Plantaginaceae	<i>Scoparia dulcis</i> L.	Tiatina	Branches	Bath	Topical	Stomach gases
Urticaceae	<i>Urera</i> sp.	Yana chini	Roots and Leaves	Juice	Topical	Spider bite and Bad air

3.3. Plants parts of medicinal plants

The quantification of the vegetative parts used in each plant species made it possible to determine that, depending on the species, the whole plant or only some of its parts can be used. Ten different parts that are extracted for their use were identified (Figure 5), in which it was evident that the most used vegetative parts are the leaves with 50.42% for the Kichwa Saraguro nationality and 44.6% for the Shuar nationality, followed by the branches with a fraction of 16.8% and 12.9%, the other parts of the plant mentioned by the people interviewed do not exceed 11% in the cases. Considering the total population, most people use leaves (49.13%), followed by branches (15.94%). These results show that most people use the vegetative parts (leaves), because they contain a higher concentration of bioactive principles.

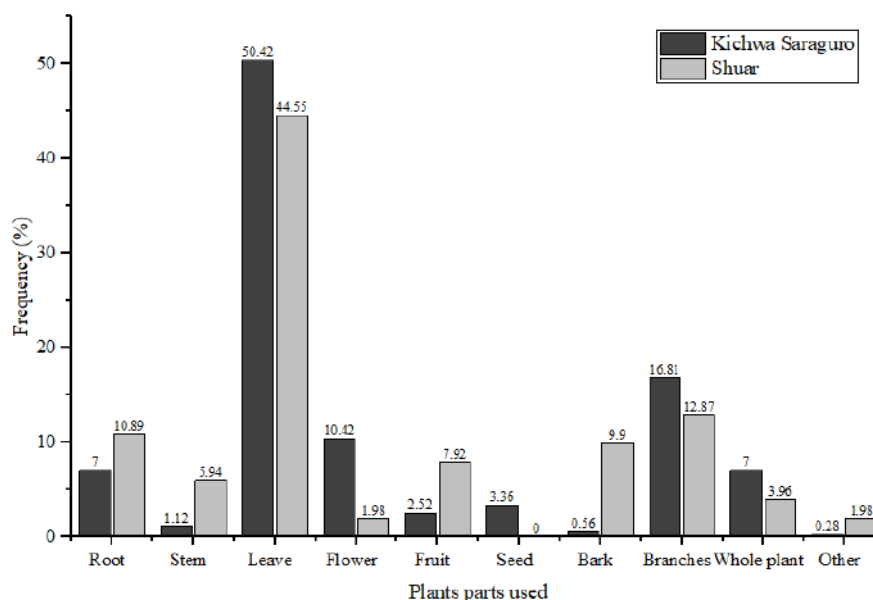


Figura 5. Plants parts of plants used by the Kichwa Saraguro and Shuar nationalities.

3.4. Method of preparation

To treat their ailments, the people interviewed prepare medicinal plants in different ways (Figure 6). For the Shuar nationality, it was found that most of the preparations correspond to decoction (40.59%), followed by infusion (29.70%); the most common form of preparation for the Kichwa Saraguro nationality corresponds to infusions (38.81%), followed by maceration (31.16%). When comparing the form of preparation between the two nationalities, it can be said that there is a significant difference, because each nationality has different worldviews. where it shows that the Shuar nationality has six different forms of preparation of the different species, highlighting the most common form of cooking (21 spp) and less common in infusion (3 spp).

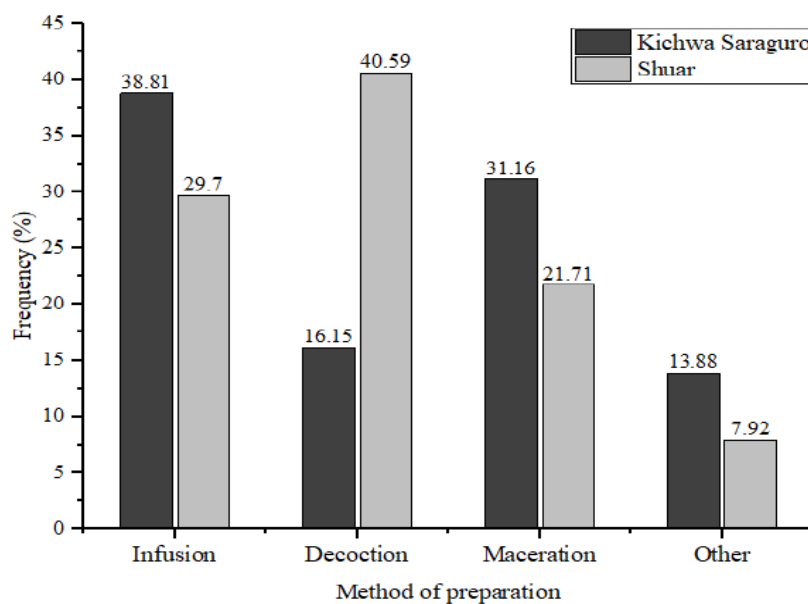


Figura 6. Method of preparation of medicinal plants used by the Kichwa Saraguro and Shuar nationalities.

3.5. Administration methods

The administration methods most used by the Kichwa Saraguro nationality is topical 55.31%, while the oral route corresponds to the Shuar nationality with 71.57% (Figure 7). This makes a difference when accessing medicinal plants from their localities.

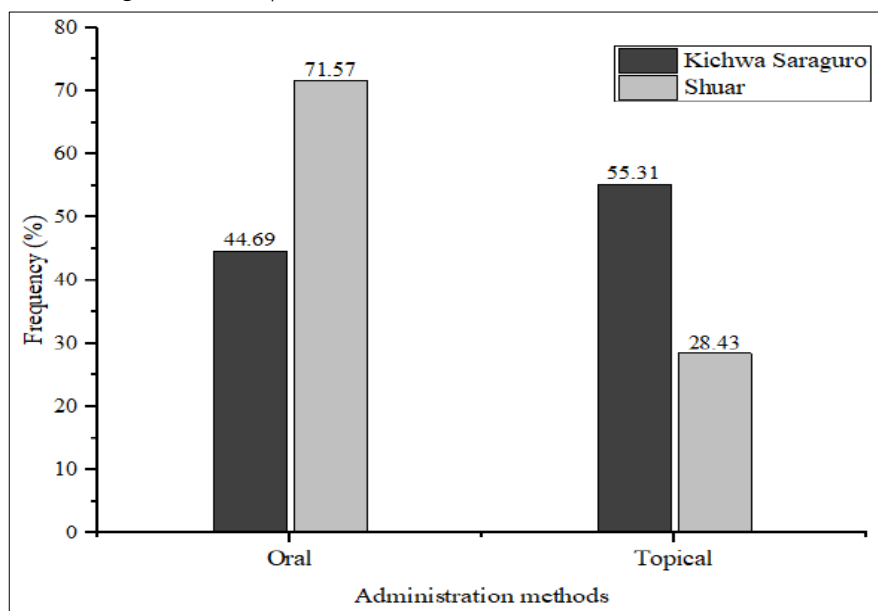


Figura 7. Administration methods of medicinal plants used by the Kichwa Saraguro and Shuar nationalities.

3.6. Knowledge wealth index, frequency of use and value of use

The highest knowledge richness index (KRI) corresponded to poleo (*Clinopodium brownei* (Sw.) Kuntze) with a value of 0.25, followed by mortiño (*Solanum americanum* Mill.) with a value of 0.23. The medicinal plants with the highest frequency of use were found within the families Lamiaceae, Solanaceae, Aloeaceae, Amaranthaceae and Rutaceae, which presented frequencies higher than 30 (Table 2). The highest frequency of use corresponded to *Clinopodium brownei* (Sw.) Kuntze, (49.06) followed by the species *Solanum americanum* Mill. (45.28), *Aloe vera* (45.28), *Chenopodium ambrosioides* L. (41.51), *Ruta graveolens* L. (33.96). In terms of the use-value of medicinal species, after *Clinopodium brownei* (Sw.) Kuntze (1), *Solanum americanum* Mill. y *Aloe vera* had the highest indices with 0.92 and the lowest shared by 44 species with a use-value of 0.04, which coincides with the lowest indices of knowledge richness.

Tabla 2. Knowledge richness index, frequency of use and use value of medicinal plant species identified in the communities of two nationalities (Kichwa Saraguro and Shuar), Yacuambi – Zamora Chinchipe, Ecuador

Family name	Botanical name	Number of mentions	KRI	Frequenc y of use	Value of use
Lamiaceae	<i>Clinopodium brownei</i> (Sw.) Kuntze	26	0.25	49.06	1
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i> Mill.	24	0.23	45.28	0.92
Aloeaceae	<i>Aloe vera</i> (L.) Burm. F.	24	0.23	45.28	0.92
Amaranthaceae	<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	22	0.21	41.51	0.85
Rutaceae	<i>Ruta graveolens</i> L.	18	0.17	33.96	0.69
Amaranthaceae	<i>Iresine</i> sp.	14	0.14	26.42	0.54
Lamiaceae	<i>Melissa officinalis</i> L.	14	0.14	26.42	0.54
Poaceae	<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf	14	0.14	26.42	0.54
Rutaceae	<i>Citrus x limon</i> (L.) Osbeck	14	0.14	26.42	0.54

Piperaceae	<i>Piper aducum</i> L.	13	0.13	24.53	0.5
Rosaceae	<i>Rosa</i> sp.	11	0.11	20.75	0.42
Urticaceae	<i>Urtica</i> sp.	12	0.12	22.64	0.46
Verbenaceae	<i>Verbena officinalis</i> L.	12	0.12	22.64	0.46
Balsaminaceae	<i>Impatiens hawkeri</i> W. Bull	10	0.1	18.87	0.38
Zingiberaceae	<i>Zingiber officinale</i> Roscoe	10	0.1	18.87	0.38
Urticaceae	<i>Urera</i> sp.	10	0.1	18.87	0.38
Solanaceae	<i>Cestrum peruvianum</i> Willd. ex Roem. & Schult.	10	0.1	18.87	0.38
Piperaceae	<i>Piper umbellatum</i> L.	9	0.09	16.98	0.35
Urticaceae	<i>Urtica</i> sp.	6	0.06	11.32	0.23
Euphorbiaceae	<i>Croton lechleri</i> Mull. Arg.	5	0.05	9.43	0.19
Piperaceae	<i>Piper</i> sp.	5	0.05	9.43	0.19
Plantaginaceae	<i>Plantago major</i> L.	5	0.05	9.43	0.19
Asteraceae	<i>Tanacetum parthenium</i> (L.) Sch. Bip.	4	0.04	7.55	0.15
Asteraceae	<i>Matricaria chamomilla</i> L.	4	0.04	7.55	0.15
Asteraceae	<i>Ambrosia peruviana</i> Willd.	4	0.04	7.55	0.15
Solanaceae	<i>Nicotiana tabacum</i> L.	4	0.04	7.55	0.15
Lamiaceae	<i>Mentha piperita</i> L.	4	0.04	7.55	0.15
Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i> sp.	4	0.04	7.55	0.15
Olacaceae	<i>Heisteria acuminata</i> (Bonpl.) Engl.	4	0.04	7.55	0.15
Amarilidaceae	<i>Allium sativum</i> L.	3	0.03	5.66	0.12
Aquifoliaceae	<i>Ilex guayusa</i> Loes.	3	0.03	5.66	0.12
Asteraceae	<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Mié.	3	0.03	5.66	0.12
Equisetaceae	<i>Equisetum bogotense</i> Kunth	3	0.03	5.66	0.12
Menispermaceae	<i>Abuta grandifolia</i> (Mart.) Sandwith	3	0.03	5.66	0.12

Family name	Botanical name	Number of mentions	KRI	Frequency of use	Value of use
Piperaceae	<i>Piper</i> sp.	3	0.03	5.66	0.12
Poaceae	<i>Zea mays</i> L.	3	0.03	5.66	0.12
Solanaceae	<i>Brugmansia suaveolens</i> (Humb. & Bonpl.) Ex Willd.) – Bercht & C. Presl.	3	0.03	5.66	0.12
Urticaceae	<i>Urtica</i> sp..	3	0.03	5.66	0.12
Violaceae	<i>Viola odorata</i> L.	3	0.03	5.66	0.12
Amarilidaceae	<i>Allium cepa</i> L.	2	0.02	3.77	0.08
Acanthaceae	<i>Justicia secunda</i> Vahl	2	0.02	3.77	0.08
Asteraceae	<i>Tagetes erecta</i> L.	2	0.02	3.77	0.08
Asteraceae	<i>Tagetes elliptica</i> Sm.	2	0.02	3.77	0.08
Brassicaceae	<i>Nasturtium officinale</i> WT Aiton.	2	0.02	3.77	0.08
Brassicaceae	<i>Lepidium bipinnatifidum</i> Desv.	2	0.02	3.77	0.08
Crassulaceae	<i>Kalanchoe fedtschenkoi</i> Raym. – Hamet y H. Perrier	2	0.02	3.77	0.08
Costaceae	<i>Cheilocostus</i> sp.	2	0.02	3.77	0.08

Gentianaceae	<i>Potalia resinifera</i> Mart.	2	0.02	3.77	0.08
Lauraceae	<i>Nectandra</i> sp.	2	0.02	3.77	0.08
Lamiaceae	<i>Hyptis</i> sp.	2	0.02	3.77	0.08
Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i> Griseb.	2	0.02	3.77	0.08
Lythraceae	<i>Cuphea strigulosa</i> Kunth	2	0.02	3.77	0.08
Malvaceae	<i>Sida poeppigiana</i> (K. Thunb.) Fryxell	2	0.02	3.77	0.08
Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	2	0.02	3.77	0.08
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	2	0.02	3.77	0.08
Rubiaceae	<i>Alibertia patinoi</i> (Cuatrec.) Delprete & CH Press.	2	0.02	3.77	0.08
Rubiaceae	<i>Chinchona</i> sp.	2	0.02	3.77	0.08
Solanaceae	<i>Solanum tuberosum</i> L.	2	0.02	3.77	0.08
Anacardiaceae	<i>Mangifera</i> sp.	1	0.01	1.89	0.04
Annonaceae	<i>Annona muricata</i> L.	1	0.01	1.89	0.04
Apiaceae	<i>Daucus carota</i> L.	1	0.01	1.89	0.04
Apiaceae	<i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) Mansf.	1	0.01	1.89	0.04
Asteraceae	<i>Acmella brachyglossa</i> Cass.	1	0.01	1.89	0.04
Asteraceae	<i>Elephantopus</i> sp.	1	0.01	1.89	0.04
Asteraceae	<i>Ambrosia artemisioides</i> Meyen y Walp.	1	0.01	1.89	0.04
Asteraceae	<i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers.	1	0.01	1.89	0.04
Asteraceae	<i>Pseudelephantopus spicatus</i> (B. Juss. ex Aubl.) C.F. Baker	1	0.01	1.89	0.04
Begoniaceae	<i>Begonia cucullata</i> Willd.	1	0.01	1.89	0.04
Begoniaceae	<i>Tynanthus panurensis</i> (Mesa) Sandwith	1	0.01	1.89	0.04

Family name	Botanical name	Number of mentions	KRI	Frequency of use	Value of use
Brassicaceae	<i>Rorippa bonariensis</i> (Poir.) Macloskie	1	0.01	1.89	0.04
Caryophyllaceae	<i>Dianthus caryophyllus</i> L.	1	0.01	1.89	0.04
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché	1	0.01	1.89	0.04
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum cumbalense</i> H. Karst.	1	0.01	1.89	0.04
Euphorbiaceae	<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	1	0.01	1.89	0.04
Heliconiaceae	<i>Heliconia marginata</i> (Griggs) Pittier.	1	0.01	1.89	0.04
Lauraceae	<i>Ocotea quixos</i> (Lam.) Kosterm.	1	0.01	1.89	0.04
Lauraceae	<i>Cinnamomum</i> sp.	1	0.01	1.89	0.04
Lamiaceae	<i>Hyptis eriocephala</i> Benth	1	0.01	1.89	0.04
Lamiaceae	<i>Ocimum campechianum</i> Mill	1	0.01	1.89	0.04
Lamiaceae	<i>Mentha spicata</i> L.	1	0.01	1.89	0.04
Lamiaceae	<i>Origanum vulgare</i> L.	1	0.01	1.89	0.04

Lamiaceae	<i>Salvia rosmarinus</i> Schleid.	1	0.01	1.89	0.04
Lamiaceae	<i>Salvia tiliifolia</i> Vahl	1	0.01	1.89	0.04
Lamiaceae	<i>Origanum majorana</i> L.	1	0.01	1.89	0.04
Loranthaceae	<i>Psittacanthus</i> sp.	1	0.01	1.89	0.04
Lycopodiaceae	<i>Lycopodium</i> sp.	1	0.01	1.89	0.04
Malpighiaceae	<i>Banisteriopsis caapi</i> (Spruce ex Griseb.) CV Morton	1	0.01	1.89	0.04
Malvaceae	<i>Malva</i> sp.	1	0.01	1.89	0.04
Malvaceae	<i>Malachra alceifolia</i> Jacq.	1	0.01	1.89	0.04
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i> L.	1	0.01	1.89	0.04
Orchidaceae	<i>Epidendrum</i> sp.	1	0.01	1.89	0.04
Orchidaceae	<i>Epidendrum</i> sp.	1	0.01	1.89	0.04
Orchidaceae	<i>Epidendrum calanthum</i> Rchb. F. & Warsz.	1	0.01	1.89	0.04
Passifloraceae	<i>Passiflora</i> sp.	1	0.01	1.89	0.04
Piperaceae	<i>Piper</i> sp.	1	0.01	1.89	0.04
Piperaceae	<i>Piper</i> sp.	1	0.01	1.89	0.04
Piperaceae	<i>Peperomia</i> sp.	1	0.01	1.89	0.04
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca ribinoides</i> Kunth y CD Bouché	1	0.01	1.89	0.04
Rosaceae	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	1	0.01	1.89	0.04
Rosaceae	<i>Acaena</i> sp.	1	0.01	1.89	0.04
Plantaginaceae	<i>Scoparia dulcis</i> L.	1	0.01	1.89	0.04
Verbenaceae	<i>Aloysia citrodora</i> Palaú	1	0.01	1.89	0.04
Zingiberaceae	<i>Renealmia alpinia</i> (Rottb.) Maas	1	0.01	1.89	0.04

4. Discussion

In ethnobotanical studies, traditional knowledge with medicinal plants is dynamic, and responds to socio-cultural and ecological changes that have occurred throughout history [21]. In this sense, according to other research such as De la Torre et al. [11], more than 80% of the population relies on traditional medicines to treat human pathologies. The history of this planet shows that without the use of medicinal plants it is not possible [22]. However, the present generation does not have enough knowledge about the uses and applications of indigenous medicinal plants. Therefore, it is very important to transmit this valuable ethnobotanical knowledge of our ancestors to future generations, thus preserving the millenary cultural wealth [1,3,23].

According to Campos-Saldaña et al. [20], mentions that "women play a unique and key role in health care with their ethnomedical and ethnobotanical knowledge, as well as older people are usually those who possess more ethnobiological information, particularly in human groups that are facing social changes". In this sense, the results generated in this research show that indigenous women of the two nationalities of Yacuambi canton possess specific knowledge about the applications and use of medicinal plants [24].

Currently, 5172 species of useful plants have been registered in Ecuador, of which 60% are used for medicinal purposes. This means that hundreds of native and introduced medicinal plants constitute a fundamental basis for human health and well-being. Most people use the leaves for medicinal use, due to the higher concentration of bioactive principles found in them [2,25].

Zambrano-Intriago et al. [26], mentions that each particular plant has its different processing techniques and specific preparation according to the particular condition to be treated. In this sense and according to the results generated by Ordóñez & Reinoso [27] it is evidenced that most use in the form of infusion to heal different diseases of the human being. According to research conducted by Bricio & Naranjo [28], the most used route of administration is oral, because they are popular to prepare as beverages, and also are more eficases to heal some ailment of the patient.

Several species identified with higher richness index, frequency of use and use value, have been identified with medicinal properties in other studies. For example, Campos-Saldaña et al. [20] reported *Verbena officinalis* L. with the highest knowledge richness index. Regarding the frequency of use according to studies by Abbaszadeh et al. [29], the Lamiaceae family is found to be most used, followed by Boraginaceae. Regarding the use value of medicinal species, after *Verbena officinalis* L., *Matricaria chamomilla* L., and *Ocimum campechianum* Mill. had the highest rates.

In a general sense, between one and five medicinal plant species per family were found, which partially coincides with the results published by Campos-Saldaña et al. [20], who also reported 10 species of medicinal use within the Asteraceae family. This study could be replicated in other contexts within the Amazon [30].

5. Conclusions

The results of this research highlight the importance of ethnopharmacology in the identification and documentation of medicinal plants used by indigenous communities in the Andean region of southern Ecuador. A total of 103 medicinal plant species were found with at least one documented medicinal use, which shows a great diversity of natural resources available in the region. In addition, it was observed that most of the vegetative parts used correspond to leaves and branches, suggesting that these parts may contain a higher concentration of bioactive principles.

Regarding the form of preparation, it was found that infusions and decoctions were the most common forms of preparation, and that oral administration was the most used by the Shuar population, while the Kichwa Saraguro population preferred topical administration. These findings indicate the existence of significant differences in practices and beliefs related to traditional medicine among indigenous communities, highlighting the importance of addressing cultural particularities and local knowledge in ethnopharmacological research. It is recommended that further studies be conducted in the region to document the richness of the medicinal flora and to investigate the molecular mechanisms underlying the pharmacological activities of these plants. In addition, it is suggested that the conservation and sustainable use of natural resources be promoted to ensure their long-term availability.

Author Contributions: Conceptualization, R.J.H.F., L.M. and C.C.O; methodology, R.J.H.F., C.C.O. and L.M.; software, R.L.T and D.V; validation, R.J.H.F., L.M. and C.C.O; formal analysis, R.J.H.F., L.M and C.C.O; writing—original draft preparation, R.J.H.F., L.M., C.C.O., R.L.T. and D.V.; writing—review and editing, R.J.H.F., L.M., C.C.O., R.L.T. and D.V.; supervision, R.J.H.F. and C.C.O. All authors were involved in developing, writing, commenting, editing, and reviewing the manuscript. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Weckmüller, H.; Barriocanal, C.; Maneja, R.; Boada, M. Factors Affecting Traditional Medicinal Plant

- Knowledge of the Waorani, Ecuador. *Sustainability* **2019**, *11*, 4460.
2. Cruz, O.V.; Lee, J.; Lee, C.; Kim, H.J.; Villota, S.; Narváez-Trujillo, A.; Íñiguez, J.; Navarrete, H. *Bioknowledgy of the Ecuadorian Flora. Some Medicinal Plants and Their Uses*; Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2022; ISBN 9978776311.
3. Caballero-Serrano, V.; McLaren, B.; Carrasco, J.C.; Alday, J.G.; Fiallos, L.; Amigo, J.; Onaindia, M. Traditional Ecological Knowledge and Medicinal Plant Diversity in Ecuadorian Amazon Home Gardens. *Glob. Ecol. Conserv.* **2019**, *17*, e00524.
4. Rivero-Guerra, A.O. Uso Tradicional de Especies de Plantas En Trece Provincias de Ecuador. *Collect. Bot.* **2021**, *40*, e002–e002.
5. Swami, D. V.; Anitha, M.; Rao, M.C.S.; Sharangi, A.B. Medicinal Plants: Perspectives And Retrospectives. In *Medicinal Plants*; Apple Academic Press, 2022; pp. 1–28 ISBN 1003277403.
6. Armijos, C.; Ramírez, J.; Salinas, M.; Vidari, G.; Suárez, A.I. Pharmacology and Phytochemistry of Ecuadorian Medicinal Plants: An Update and Perspectives. *Pharmaceuticals* **2021**, *14*, 1145.
7. Corr, R. Strange Seeds: Ethnohistorical Testimonies of the Clandestine Culture of Sacred Plants in Colonial Ecuador. *Anthropol. Conscious.* **2022**, *33*, 153–174.
8. Erazo-García, M.P.; Guadalupe, J.J.; Rowntree, J.K.; Borja-Serrano, P.; Espinosa de los Monteros-Silva, N.; Torres, M. de L. Assessing the Genetic Diversity of *Ilex Guayusa* Loes., a Medicinal Plant from the Ecuadorian Amazon. *Diversity* **2021**, *13*, 182.
9. Sirén, A.; Uzendoski, M.; Swanson, T.; Jácome-Negrete, I.; Sirén-Gualinga, E.; Tapia, A.; Dahua-Machoa, A.; Tanguila, A.; Santi, E.; Machoa, D. Resilience against the Covid-19 Pandemic among Indigenous Kichwa Communities in Ecuadorian Amazonia. **2020**.
10. Armijos, C.; Ramírez, J.; Vidari, G. Poorly Investigated Ecuadorian Medicinal Plants. *Plants* **2022**, *11*, 1590.
11. De la Torre, L.; Navarrete, H.; Muriel, P.; Macía, M.J.; Balslev, H. *Enciclopedia de Las Plantas Útiles Del Ecuador (Con Extracto de Datos)*; Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia ..., 2008; ISBN 9978771352.
12. Minga, S.R.; Díaz, N.J.; Aguirre, Z. Productos Forestales No Maderables de Origen Vegetal de Cinco Comunidades Del Cantón Yacuambi, Zamora Chinchipe. *Bosques Latid. Cero* **2017**, *7*.
13. Alonso, A.M.; Finegan, B.; Brenes, C.; Günter, S.; Palomeque, X. Evaluación de La Conectividad Estructural y Funcional En El Corredor de Conservación Podocarpus-Yacuambi, Ecuador. *Caldasia* **2017**, *39*, 140–156.
14. Quezada-Sarmiento, P.A.; Chango-Cañaveral, P.M.; Fraiz-Brea, J.A.; Armijos-Lanchi, K.M.; Ponce, M.P.A. Tourism and Gastronomy Management through an Educational Web Platform on Yacuambi of the Province of Zamora Chinchipe-Ecuador. *WCSE* **2020**, *2020*, 10th.
15. Sorokin, P. *Social and Cultural Dynamics: A Study of Change in Major Systems of Art, Truth, Ethics, Law and Social Relationships*; Routledge, 2017; ISBN 1351490605.
16. Savage, M. *The Return of Inequality: Social Change and the Weight of the Past*; Harvard University Press, 2021; ISBN 0674988078.
17. INEC Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo – ENEMDU.
18. López-Santiago, J.G.; Casanova-Lugo, F.; Villanueva-López, G.; Díaz-Echeverría, V.F.; Solorio-Sánchez, F.J.; Martínez-Zurimendi, P.; Aryal, D.R.; Chay-Canul, A.J. Carbon Storage in a Silvopastoral System Compared to That in a Deciduous Dry Forest in Michoacán, Mexico. *Agrofor. Syst.* **2019**, *93*, 199–211, doi:10.1007/s10457-018-0259-x.
19. Santiago, M.A.L. La Valoración de Los Servicios Ecosistémicos Desde La Cosmovisión Indígena Totonaca. *Madera y bosques* **2019**, *25*.
20. Campos-Saldaña, R.A.; Solís-Vázquez, O.O.; Velázquez-Nucamendi, A.; Cruz-Magdaleno, L.A.; Cruz-Oliva, D.A.; Vázquez-Gómez, M.; Rodríguez-Larramendi, L.A. Saber Etnobotánico, Riqueza y Valor de Uso de Plantas Medicinales En Monterrey, Villa Corzo, Chiapas (México). *Boletín Latinoam. y del Caribe plantas Med. y aromáticas* **2018**, *17*, 350–362.
21. Parthiban, R.; Vijayakumar, S.; Prabhu, S.; Yabesh, J.G.E.M. Quantitative Traditional Knowledge of Medicinal Plants Used to Treat Livestock Diseases from Kudavasal Taluk of Thiruvavur District, Tamil Nadu, India. *Rev. Bras. Farmacogn.* **2016**, *26*, 109–121.
22. Hussain, S.; Hussain, W.; Nawaz, A.; Badshah, L.; Ali, A.; Ullah, S.; Ali, M.; Hussain, H.; Bussmann, R.W.

- Quantitative Ethnomedicinal Study of Indigenous Knowledge on Medicinal Plants Used by the Tribal Communities of Central Kurram, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Ethnobot. Res. Appl.* **2022**, 23, 1–31.
23. Kumar, A.; Kumar, S.; Ramchiary, N.; Singh, P. Role of Traditional Ethnobotanical Knowledge and Indigenous Communities in Achieving Sustainable Development Goals. *Sustainability* **2021**, 13, 3062.
24. Morocho Tene, M.L.; Chicaiza Ortiz, C.D. *GUÍA DIDÁCTICA DE PLANTAS MEDICINALES DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS DEL CANTÓN YACUAMBI, ZAMORA CHINCHIPE- ECUADOR*, 2021; ISBN 978–9942–40–433–6.
25. Hart, G.; Gaoue, O.G.; de la Torre, L.; Navarrete, H.; Muriel, P.; Macía, M.J.; Balslev, H.; León-Yáñez, S.; Jørgensen, P.; Duffy, D.C. Availability, Diversification and Versatility Explain Human Selection of Introduced Plants in Ecuadorian Traditional Medicine. *PLoS One* **2017**, 12, e0184369.
26. Zambrano-Intriago, L.F.; Buenaño-Allauca, M.P.; Mancera-Rodríguez, N.J.; Jiménez-Romero, E. Estudio Etnobotánico de Plantas Medicinales Utilizadas Por Los Habitantes Del Área Rural de La Parroquia San Carlos, Quevedo, Ecuador. *Univ. y Salud* **2015**, 17, 97–111.
27. Ordóñez Ruilova, D.M.; Reinoso Herrera, J.M. *Uso de Plantas Medicinales Por Personas de Sabiduría Del Cantón Sigsig*. 2015. **2015**.
28. Bricio Arriaga, E.A.; Naranjo Ortega, N.M. *Plantas Medicinales Utilizadas Para Tratar La Fiebre En Menores de Cinco Años En La Comunidad de Acchayacu*, 2018.
29. Abbaszadeh, S.; Teimouri, H.; Farzan, B. An Ethnobotanical Study of Medicinal Plants with Antianxiety and Antidepressant Effects in Shahrekord. *Egypt. J. Vet. Sci.* **2019**, 50, 81–87.
30. Chicaiza Ortiz, C. D., Logroño Vintimilla, W., Chicaiza Ortiz, Ángel, Núñez Chávez, W., & Ortiz Cañar, M. E. (2022). Environmental Management Strategies in Kichwa Communities of the Amazon of Ecuador. *CIENCIA UNEMI*, 15(39), 27–34. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol15iss39.2022pp27-34p>



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

REDD+ en comunidades indígenas: Oportunidades y desafíos en la Nacionalidad Sápara del Ecuador

Aracely Tapia ¹  Robinson J. Herrera-Feijoo ²   Manari Ushigua ³  Walter Garcia-Cox ² 
Gladys P. Paguay C. ⁴  Maria de Lourdes Correa-Salgado ² 

¹ Consultora Ambiental, Santa Clara–Pastaza, Ecuador

² Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo Av. Quito km, 1 1/2 Vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo 120550, Ecuador

³ Líder Nación Sápara, Cumbaya–Pichincha

⁴ Consultora Proyectos, Tena–Napó, Ecuador

 Correspondencia: herreraf2@uteq.edu.ec  + 593 0980563032

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62065>

Resumen: Esta investigación presenta un análisis de las oportunidades y desafíos que enfrentan las comunidades indígenas ante un escenario REDD+, utilizando a la Nacionalidad Sápara como estudio de caso en Ecuador. La metodología utilizada se basó en una revisión bibliográfica y entrevistas a líderes indígenas que permitió conocer los sistemas de gobernanza, organización, tenencia de tierra, participación en el programa Socio-Bosque y debilidades en el sistema de gobernanza forestal que se maneja dentro de la Nacionalidad Sápara. Los resultados señalan que la Nacionalidad Sápara enfrenta desafíos en la gobernanza de recursos naturales y la implementación de REDD+, como conflictos internos, falta de unificación de comunidades, territorio no legalizado y necesidad de capacidades técnicas. Sin embargo, REDD+ brinda oportunidades como unificar el liderazgo, fortalecer la gobernanza, legalizar tierras y mejorar la gestión forestal. El estudio resalta la importancia de abordar estos desafíos mediante estrategias de fortalecimiento de la gobernanza y participación de las comunidades en políticas públicas. Además, se enfatiza la necesidad de reconocer y legalizar los territorios indígenas para su participación en la conservación de recursos naturales. En conclusión, la investigación ofrece una valiosa contribución al análisis de los desafíos y oportunidades que enfrentan las comunidades indígenas al implementar REDD+ en América Latina, y plantea importantes recomendaciones para el fortalecimiento de la gobernanza y la participación activa de las comunidades en el manejo de los recursos naturales.

Palabras claves: Programa Socio-Bosque, Incentivos ambientales, Sápáros, Gobernanza forestal



Citation: Tapia, A., Herrera-Feijoo, R. J., Ushigua, M., Garcia-Cox, W., Paguay C., G. P., & Correa-Salgado, M. de L. (2023). REDD+ en comunidades indígenas: Oportunidades y desafíos en la Nacionalidad Sápara del Ecuador. *Green World Journal*, 6(2), 65.

<https://doi.org/10.53313/gwj62065>

Received: 05/Mar /2023

Accepted: 18/May /2023

Published: 18/May /2023

Prof. Carlos Mestanza–Ramón, PhD.

Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial

editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license. Creative Commons Attribution (CC BY). <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

REDD+ in Indigenous Communities: Opportunities and Challenges in the Sapara Nationality of Ecuador

Abstract: This research presents an analysis of the opportunities and challenges faced by indigenous communities in a REDD+ scenario, using the Sapara Nationality as a case study in Ecuador. The methodology used was based on a literature review and interviews with indigenous leaders to learn about governance systems, organization, land tenure, participation in the Socio-Bosque program and weaknesses in the forest governance system managed within the Sapara Nationality. The results indicate that the Sapara Nationality faces challenges in natural resource governance and REDD+ implementation, such as internal conflicts, lack of community unification, non-legalized territory and the need for technical capacity. However, REDD+ provides opportunities such as unifying leadership, strengthening governance, legalizing land and improving forest management. The study highlights the importance of addressing these challenges through strategies to strengthen governance and community participation in public policies. It also emphasizes the need to recognize and legalize indigenous territories for their participation in natural resource conservation. In conclusion, the research offers a valuable contribution to the analysis of the challenges and opportunities faced by indigenous communities in implementing REDD+ in Latin America, and makes important recommendations for strengthening governance and the active participation of communities in natural resource management.

Keywords: Socio-Bosque Program, Environmental Incentives, Saporos, Forestry Governance

1. Introducción

Los bosques neotropicales destacan por su gran valor en cuanto a biodiversidad [1,2], especialmente en lo que se refiere a la variedad de especies vegetales [3,4]. Los datos científicos actuales estiman que existen alrededor de 73.000 especies de árboles en todo el mundo, y se sugiere que un porcentaje cercano al 43% se localiza en la región neotropical [5]. En las últimas décadas estos bosques se han visto potencialmente amenazados por diversas perturbaciones naturales y antrópicas como la deforestación, el cambio climático, la minería, especies invasoras, etc [6–9]. Particularmente, la deforestación se ha incrementado de una forma exponencial debido a la expansión de la agricultura para la alimentación de ganado [10,11]. Desde 1990 hasta 2020, se han perdido cerca de 178 millones de hectáreas de bosque, lo que equivale a una tasa promedio de 7,8 millones de hectáreas por año, siendo de 5,2 millones de hectáreas por año entre 1990 y 2000, y de 4,7 millones entre 2010 y 2020. **Por otra parte,** la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) sugiere que en 1990 el planeta tenía 4128 millones de hectáreas de bosque y este disminuyó a 4059 millones de hectáreas en 2020 [12].

Los recursos forestales son importantes debido a su papel en la biodiversidad, la provisión de bienes y servicios ambientales, el desarrollo de funciones ecológicas, los valores sociales y la dinamización de la economía [13,14]. Estos puntos están respaldados por informes del Banco Mundial y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), que destacan la influencia de los bosques en los medios de vida del 25% de la población mundial [15]. En particular, se estima que el 68% de la población rural depende directamente de los bosques y sus productos maderables y no maderables, y que América Latina, África y Asia son las regiones con mayor dependencia de los recursos forestales [16]. Además, los bosques son importantes para la conservación de la biodiversidad y para contrarrestar los efectos del cambio climático, ya que se estima que pueden retener cerca del 13% de las emisiones anuales de CO₂ producidas por actividades humanas en todo el mundo [17]. Además, la conservación de los bosques en zonas tropicales enfocadas en actividades ganaderas puede ayudar a regular la temperatura y enfriar el ambiente en hasta -2.4 °C [18].

En Ecuador, según estadísticas del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), la cobertura forestal ha disminuido significativamente en la última década, con una tasa de deforestación neta anual de $-0,46\%$ y una deforestación neta anual promedio de 58,429 hectáreas por año [19,20]. La Región Amazónica Ecuatoriana (RAE) es la menos deforestada en comparación con otras regiones naturales del país, con aproximadamente el 83% de su superficie forestal original aún intacta en 2018 [21]. La RAE es una región de alta biodiversidad y endemismo y tiene un gran potencial para proporcionar servicios ecosistémicos a las comunidades locales [1,3,22–24], sin embargo ha experimentado una importante deforestación debido a la conversión de tierras para la agricultura y la ganadería extensiva [20,25–28]. En 2014, se estimaba que existían 1,2 millones de hectáreas de pastos para la ganadería extensiva en esta región [29].

En el contexto ecuatoriano, el país cuenta con una superficie 12'631.198 hectáreas bosques nativos, de los cuales aproximadamente 7.4 millones de hectáreas de bosque están dentro de territorios indígenas [30,31]. El estado ecuatoriano como iniciativa de conservación basada en la protección de sus bosques promovió desde 2008 el programa "Socio Bosque" (PSB), que entrega incentivos económicos a campesinos y comunidades indígenas que estén dispuestos a proteger y conservar sus bosques nativos, páramos u otra vegetación nativa[32]. La entrega de estos incentivos se da mediante previo convenio, en el cual los propietarios del predio se comprometen a conservar el área inscrita por un periodo de 20 años [32–34]. En Ecuador existen 2723 polígonos bajo conservación dentro del PSB, perteneciente a 2335 propietarios; estas áreas cubren el 6,7% del Ecuador continental. Específicamente, la RAE dispone de 1069 polígonos bajo conservación (39% del número total de polígonos), abarcando una superficie de 1374026,9 hectáreas que representa el 82,3% de PSB nacional y 11,8% de la superficie total de la región amazónica [35].

Por otra parte, por medio de la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se unió a la iniciativa de reducción de emisiones por deforestación y degradación de bosques (REDD+) y la mitigación del cambio climático, que integra actividades que pretenden reducir las causas de la deforestación, promoviendo la conservación, el manejo forestal sostenible y la recuperación de los bosques y sus reservas de carbono [36]. REDD+ permite el aumento de las reservas forestales de carbono en los países en desarrollo [37]. Dentro de las áreas priorizadas para la implementación de REDD+ se encuentra la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE), cuya mayor concentración de bosques se asienta dentro de las comunidades indígenas amazónicas y son ellos quienes mantienen un mayor porcentaje de bosques bajo conservación dentro del programa Socio Bosque, por lo que la presente investigación se centra en determinar las oportunidades y desafíos que presenta las comunidades indígenas amazónicas ante un posible escenario REDD+, para lo cual se tomó como estudio de caso a la Nacionalidad Sápara del Ecuador.

La Nacionalidad Sápara del Ecuador se ubica en la provincia de Pastaza dentro de las parroquias Río Tigre, Sarayacu y Montalvo, tiene una extensión de 322.029 ha. Actualmente mantienen 121.682 ha de bosque nativo bajo conservación dentro del programa Socio Bosque [35]. De acuerdo a la Evaluación Nacional Forestal, la Nacionalidad Sápara se ubica en el estrato "Bosque Siempreverde de Tierras Bajas de la Amazonía (BSVTBA)", éste estrato captura un promedio de 161,79 Ton Carbono por hectárea, representando 1.018 (Un mil dieciocho) millones de Toneladas, un 67% del total del país [38]. Si se realiza un análisis del área que se encuentra bajo conservación (121.682 ha) con la cantidad de carbono que captura este estrato (161,79 Ton/C por hectárea), se tiene que dentro de la nacionalidad Sápara un stock de carbono de aproximadamente 19'686.930,78 Ton/C [39]. Por lo cual el territorio de la Nacionalidad Sápara, se perfila como un posible escenario para la implementación de REDD+, a más de encontrarse en estado de conservación dentro del programa Socio-Bosque [39]. Sin embargo, actualmente se desconoce la realidad sobre las principales

características de los medios de vida de los habitantes de la nación Sápara para delinear los posibles desafíos y oportunidades a los que se enfrentan en un escenario de implementación de REDD+.

En este contexto, la presente investigación analiza las oportunidades y desafíos a las que se enfrenta la nacionalidad Sápara en un marco de REDD+, partiendo de la participación de la nacionalidad dentro del programa Socio Bosque, gobernanza de los recursos naturales, tenencia de tierras y el sistema organizativo de la nacionalidad. El documento analiza también los bosques en el país y su relación con REDD+, bajo la actual estructura de gobernanza, además de servir como base para los tomadores de decisión relacionados con el manejo de los bosques y la implementación de REDD+ en Ecuador, al contar con la perspectiva de la nacionalidad Sápara ante los mecanismos de conservación que viene impulsando el Estado.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

La Nacionalidad Sápara del Ecuador, está ubicada en la provincia de Pastaza, dentro de las parroquias Río Tigre y Montalvo. Dentro del este territorio se asientan 23 comunidades: Conambo, Masaramu, Ayamu, Ñima Muricha, Alto Corrientes, Cuyacocha, Garzayacu, Imatiña, Torimbo, Suraka, Shiona, Nueva Santa Rosa, Nueva Amazonas, Wiririma, Balsaura, Lupuna, Pumayacu, Pindoyacu, Chuyayacu, Llanchamacocha, Jandiayacu, Rípano y Atatajuinkia. El territorio Sápara alberga una población estimada de 1.500 habitantes, de los cuales 559 son Sáparas y el resto son de las nacionalidades Kiwchua, Andoa, Shiwiari y Shuar, que viven en estos territorios y están distribuidos en todas las comunidades, con una densidad poblacional de 0,26 habitantes por km². Dentro del territorio aprovechan los recursos naturales de acuerdo a sus tradicionales formas de uso, acceso y control. El acceso a las comunidades es vía aérea, para la que tiene pista de aterrizaje de avionetas; y las comunidades que no cuentan con pistas de aterrizaje, utilizan los ríos que atraviesan el territorio, mismos que son navegables en época de lluvia. La comunicación entre las comunidades se la realiza a pie, a través de senderos

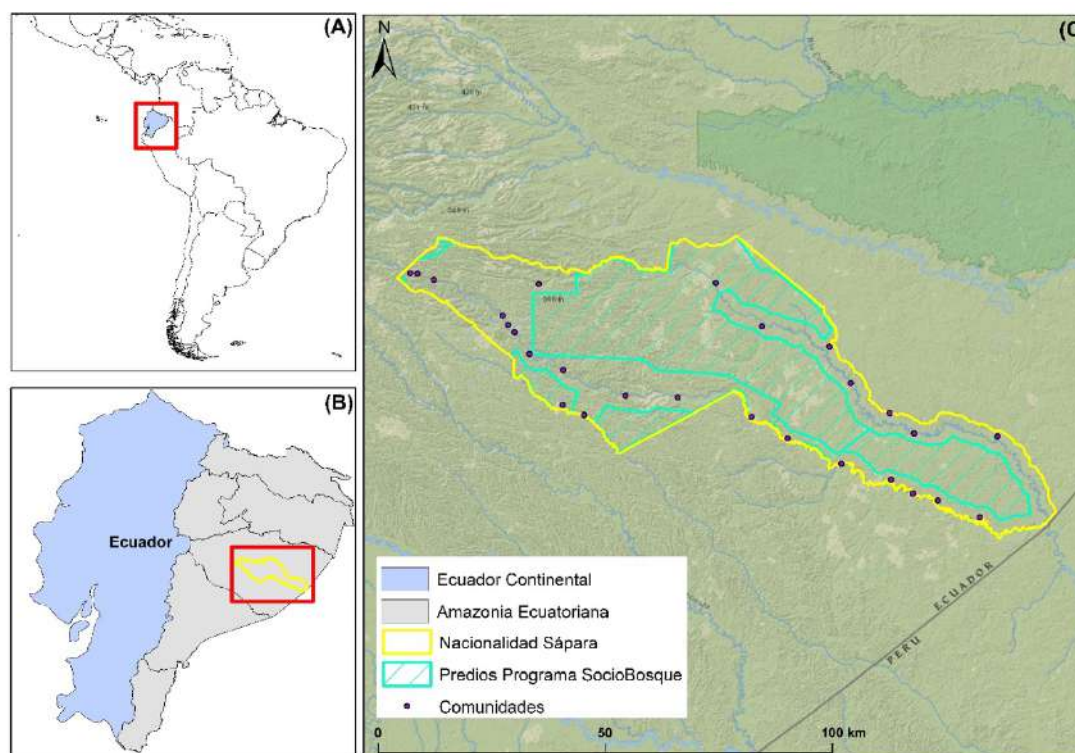


Figura 1. Área de estudio. (A) Ubicación en Sudamérica; (B) Ubicación en la Amazonía Ecuatoriana; (C) Nacionalidad Sápara.

2.2 Métodos

Para una mejor comprensión, el proceso metodológico se dividió en dos subsecciones. En la primera sección, se aplicó una entrevista semiestructurada a líderes indígenas relacionados a la aplicación de REDD+ en la Nacionalidad Sápara de Ecuador. Por otra parte, en la segunda sección se aplicó una revisión exhaustiva de documentos científicos y reportes técnicos de Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) que permitió profundizar el conocimiento sobre el papel de las comunidades indígenas en la conservación de los bosques nativos del país, y se determinaron las oportunidades y desafíos que enfrenta la nacionalidad Sápara en un posible escenario REDD+.

2.3 REDD+ en la Nacionalidad Sápara de Ecuador: entrevistas de campo

Con el fin de obtener información y describir la situación actual en relación a la estrategia REDD+ en la Nacionalidad Sápara, se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas con la participación de 8 líderes indígenas de dicha nacionalidad. Estas entrevistas se realizaron en el territorio y tuvieron una duración aproximada de 1 a 2 horas cada una (Tabla 1). La fortaleza de este enfoque radica en su capacidad para identificar una amplia gama de factores políticos, socioeconómicos y ambientales que podrían estar relacionados con los incentivos económicos y ambientales proporcionados por la estrategia REDD+ en la Nacionalidad Sápara, incluso aquellos que no se conocían previamente.

Tabla 1. Líderes indígenas de la Nacionalidad Sápara y preguntas clave para entender la situación de la estrategia REDD+

Entrevistado	Cargo dentro de la Nacionalidad Sápara	Preguntas
Bartolo Ushigua	Presidente de la Federación Binacional Sápara Ecuador-Perú (FEBZEP)	¿Cuál es el papel de las comunidades indígenas en la conservación de los bosques nativos del país?
Juan Ruiz	Presidente de la Nación Sápara del Ecuador- NASE (mayo 2022- actualidad)	¿Quién tiene permiso para extraer madera dentro de los predios de la Nacionalidad Sápara?
Joaquin Ushigua	Vicepresidente de la Nacionalidad Sápara del Ecuador (mayo 2022- actualidad)	¿Qué opinión tiene sobre el programa Socio Bosque?
Soraya Ushigua	Líder Sápara, forma parte de la Asociación ASHIÑUAKA	¿Cuáles considera que son las ventajas y desventajas del programa Socio Bosque?
Gloria Ushigua	Líder de mujeres Sápara y presidente de la Asociación ASHIÑUAKA	¿Cuál es la percepción general de los socios del territorio Sápara con respecto al programa Socio Bosque?
Basilio Mucushigua	Ex -presidente de la Nación Sápara del Ecuador NASE (con personería jurídica hasta diciembre 2017)	¿Podría describir la situación del territorio antes de la implementación del programa Socio Bosque?
Bernabé Armas	Ex -vicepresidente de la Nación Sápara del Ecuador NASE (con personería jurídica hasta diciembre 2017)	¿Se llevó a cabo una consulta previa en el territorio para la implementación del programa Socio Bosque?
Bernardo Pichura	Ex -Dirigente de educación y salud de la Nación Sápara del Ecuador NASE	

(con personería jurídica hasta diciembre 2017)

¿Cómo se involucra el Plan de Acción REDD+ con las comunidades indígenas?

¿Conoce otras alternativas además de REDD+ para la conservación de los bosques?

¿Cuáles serían sus recomendaciones en términos de incentivos para la conservación de los bosques?

2.3 REDD+ en la Nacionalidad Sápára de Ecuador: entrevistas de campo

Con el objetivo de complementar la información obtenida a través de las entrevistas realizadas a los líderes indígenas de la Nacionalidad Sápára, se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura. Durante este proceso, se examinó el contenido de los documentos seleccionados para su análisis. En términos metodológicos, se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de información en publicaciones científicas e informes técnicos. Inicialmente se realizó la búsqueda en bases de datos reconocidas de alto impacto, como Scopus y Web of Science. Además, se complementó la búsqueda mediante bases de datos regionales, como Scielo y Redalyc. Finalmente se revisaron reportes técnicos publicados por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) que abordan la importancia de los incentivos económicos para la conservación del bosque por medio de la estrategia REDD+ en comunidades indígenas. De esta manera, se enriqueció el conocimiento previo con datos provenientes de diversas fuentes académicas y técnicas.

3. Desarrollo

3.1. El rol de la Nacionalidad Sápára en la conservación de los bosques

Los Sápára consideran que la naturaleza es una parte vital de su territorio, ya que es el espacio donde han vivido desde siempre y, principalmente, es la fuente de recursos que les permite subsistir[39]. Por esta razón, han decidido conservar sus bosques, ya que reconocen que allí habitan una infinidad de especies de flora y fauna, a las cuales ellos les dan nombres y sienten que el ecosistema está en buen estado[36]. Además, los Sápára consideran que la naturaleza es una parte vital de su territorio, ya que es el espacio donde siempre han vivido y principalmente, es la fuente de recursos que les permite su subsistencia. En el análisis de las entrevistas realizadas a los directivos Bartolo Ushigua, Basilio Mucushigua y Gloria Ushigua de la Nacionalidad Sápára del Ecuador (2017), se llegó a un consenso acerca del papel de la comunidad en la conservación de los bosques. Los entrevistados expresaron que su rol ya había sido establecido por sus antepasados, y que ahora se dedican a potenciar su conocimiento acerca de la estrecha relación que mantienen con la selva, ya que a través de ella cuentan su historia. En este sentido mencionan: "Ver un árbol, no es para nosotros un billete de un dólar, ver un árbol es un ser vivo que tiene derechos como los que establece la actual Constitución, aunque siempre hemos respetado a la naturaleza y sus derechos, solo que ahora está dentro de la Constitución; nuestro rol radica en seguir conservándola, ya que nos provee de alimentos, agua, de un hogar para nuestras familias"

3.2. La Nacionalidad Sápára y Socio Bosque

En la Nacionalidad Sápára, la Asamblea General desarrollada en el año 2009, decidió no aceptar la explotación petrolera dentro de su territorio, y entró en el programa Socio-Bosque. El contrato fue firmado el 21 de agosto del año 2009 entre Programa Socio Bosque del Ministerio del Ambiente del Ecuador y la Nacionalidad Sápára de Pastaza Ecuador (NASAPE) con su representante legal

Luis Alberto Armas, el cual estipulaba conservar un área de 83.542,00 hectáreas, a un plazo de 20 años por un monto de US\$ 75.771 anuales. Así mismo, el 31 de mayo del 2012 se firma otro convenio entre la NASE (Nación Sápara del Ecuador) con su representante legal Basilio Mucushigua y el programa Socio-Bosque del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, en el cual la NASE, se compromete a conservar y proteger 38.140,00 hectáreas adicionales, por un monto de US\$ 83.098,00, para 20 años a partir de la fecha de suscripción del contrato, según lo declarado por Bernabé Armas en la entrevista realizada el 12 de octubre del 2017.

Con la suscripción del nuevo convenio con el programa Socio-Bosque[32,40], la Nacionalidad Sápara del Ecuador (NASE) mantiene un área bajo conservación de 121.682,00 hectáreas. Según lo citado por Bartolo Ushigua, por esta área de conservación se percibe un monto de aproximadamente US\$ 190.000 anuales (hasta el año 2016). Sin embargo, dentro de los dos contratos que se firmó entre el programa Socio Bosque del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica y la Nacionalidad Sápara, en ninguna de sus cláusulas se establece que no se pueden explotar los recursos petroleros o mineros por parte del Estado.

En el año 2011, el Ministerio de Recursos Naturales No Renovables (MRNNR) realizó la presentación del nuevo catastro petrolero del país que creaba 21 bloques, de los cuales los bloques 79 y 83 se ubican dentro del territorio Sápara en el área que se encuentra bajo conservación dentro de Socio Bosque. Estos bloques fueron licitados por la empresa petrolera Andes Petroleum, que según la Secretaría de Hidrocarburos del Ecuador (SHE), cumplieron con todos los requisitos para dicha licitación y el Estado suscribió dos contratos para la explotación y exploración de los bloques en mención, en enero del 2016. Acorde a lo expresado por Bartolo Ushigua los bloques 79 y 83 afectan a 186.000 hectáreas aproximadamente equivalentes al 52% del territorio Sápara.

Para la suscripción de estos contratos el Ministro Coordinador de Sectores Estratégicos argumentó que para ejecutar este convenio se realizó un proceso de consulta previa como parte de la Ronda Petrolera del 2012, en la que más de 16.000 personas recibieron información y más de 360 comunidades dialogaron sobre el tema. Luego de este proceso, las nacionalidades y pueblos indígenas, ubicados en los cantones Pastaza y Arajuno, que se encuentran asentados en la zona de influencia, han respaldado la decisión de ampliar las reservas de crudo; argumento que para la dirigencia encabezada por Bartolo Ushigua no es válida ya que expresan que ellos no fueron consultados y no están de acuerdo con dicha explotación ya que se incumple la cláusula tercera dentro del contrato con Socio-Bosque y con el acuerdo establecido por el pueblo Sápara en asamblea general el de no explotar sus recursos petroleros. Este escenario, sumado al interés por el manejo del incentivo económico que recibe la nacionalidad por parte de Socio Bosque; ha desencadenado un conflicto social dentro de la Nacionalidad Sápara del Ecuador, creando dos dirigencias claramente establecidas con el mismo nombre, Nación Sápara del Ecuador- NASE (hasta diciembre 2017).

Por un lado, se encuentra el grupo bajo la dirigencia de Basilio Mucushigua, quienes cuentan con estatutos y un nombramiento jurídico otorgado por la Secretaría Gestión de la Política en el año 2012, con validez hasta diciembre del 2017. Este grupo no se encuentra afiliado a las organizaciones CONAIE y CONFENIAE, y representan aproximadamente a 19 comunidades. El otro grupo está dirigido por Bartolo Ushigua, que aún no cuenta con nombramiento jurídico para la NASE, pero vienen realizando sus gestiones a través de la Federación Binacional Zápara de Ecuador y Perú (FEBZEP), misma que cuenta con personería jurídica; sin embargo, se prevé que, para enero 2018, NASE cambiará de dirigentes y contará con personería jurídica, pasando así a manejar los fondos de Socio-Bosque y dejando sin validez a la otra dirigencia NASE. Este grupo pertenece como filial

a la CONAIE, CONFENIAE y COICA. Los dos grupos se auto denominan como Nación Sápara del Ecuador (NASE), que para fines de la presente tesis denominaremos NASE 1 a la dirigencia con personería jurídica y NASE 2 a quienes no cuentan con personería jurídica (2017).

Estas dos dirigencias marcaron su postura acerca del programa Socio Bosque, para Bartolo Ushigua y su dirigencia (Juan Ruiz, Soraya Ushigua, Joaquín Ushigua) dentro del área que se encuentra en Socio-Bosque, no es permitido realizar ninguna actividad extractiva por el lapso de 20 años de acuerdo al contrato firmado con el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, sin embargo, como se mencionó anteriormente dentro del contrato no se establece ninguna prohibición para el Estado. Por lo que, la dirigencia de Basilio Mucushigua ha participado de las negociaciones con el Estado y de la consulta previa acorde a los establecido en el Decreto Ejecutivo 1247 (Reglamento para la ejecución de la Consulta Previa, Libre e Informada); aceptando así a nombre de todo el pueblo Sápara, la explotación petrolera de los bloques 79 y 83 que están dentro de su territorio. Es importante aclarar que a pesar de que la nacionalidad en conjunto se pronunciara a favor de la no explotación del petróleo, acorde a lo establecido en la Constitución art. 57 y 398, la consulta previa no vincula la decisión del Estado, ya que es solo una formalidad para informar, más no para acoger la decisión de una comunidad en cuanto al manejo de estos recursos.

Así mismo, NASE1 al tener el control del manejo del incentivo económico de Socio Bosque, no ha sido distribuido de manera equitativa, las comunidades que apoyan a NASE2 no han recibido el incentivo económico, ya que según Basilio Mucushigua esas comunidades no se encuentran dentro del territorio Sápara. De acuerdo a como se establece en el contrato con Socio Bosque el incentivo económico que se percibe del programa Socio-Bosque, debe ser utilizado en el desarrollo de las comunidades que integran la nacionalidad Sápara de manera equitativa. La inversión de los fondos, según el presupuesto, debe ser usado para: asambleas, pagos de la dirigencia, salud, transporte, educación, valorización de idioma, hospital de emergencias en la ciudad del Puyo, obras para la comunidad y la sede de la organización en Puyo. Sin embargo, Bartolo Ushigua, Joaquín Ushigua y Gloria Ushigua, manifiestan que no existen proyectos que se hayan ejecutado en las comunidades con el incentivo económico de Socio Bosque, afirmación que no ha sido negado por Basilio Mucushigua quien expresa que estos fondos han sido utilizados para pagos de los dirigentes, compras de pollos o alevines (de manera aleatorio sin proyectos) y los estudios de sus hijos (entrevistas realizadas en el año 2017).

En este contexto al realizar las entrevistas a NASE1 (Basilio Mucushigua, Bernabé Armas, Bernardo Pichura), en cuanto a la satisfacción de su participación dentro del programa Socio Bosque, afirman estar de acuerdo para ellos los programas que promulga el Estado para la conservación de los bosques son de gran apoyo para su población. Sostienen que Socio Bosque es un programa de gran ayuda para la nación Sápara, para el desarrollo comunitario tanto socio cultural, educativo, y para la salud. A pesar de que argumenta que la gente desconoce a profundidad de lo que se trata el programa Socio-Bosque, están de acuerdo por el incentivo económico y que la única desventaja que se ve a Socio-Bosque es, que los desembolsos no son puntuales. En efecto, el Estado no cumple lo que se establece en el contrato y hasta la realización de esta entrevista (octubre 2017) no se había realizado los pagos del año 2016.

Bernardo Pichura, dirigente de educación de la NASE 1, expresa que gracias a Socio Bosque la nacionalidad Sápara han salido 0,001% de pobreza, información que no cuenta con evidencia. De igual manera manifiesta que en cuanto a educación y salud se ha avanzado mucho ya que cuentan con subcentros de salud. Por su parte NASE2 (Bartolo Ushigua, Gloria Ushigua, Juan Ruiz, Soraya Ushigua), no están satisfechos con su participación en el programa Socio Bosque, debido a

que el Estado Ecuatoriano firmó el contrato de los bloques 79 y 83 a la empresa China Andes Petroleum en 2016. Así mismo para Joaquín Ushigua el seguimiento que brinda el Estado para monitorear el manejo del incentivo económico procedente de Socio Bosque es deficiente, ya que los dirigentes de NASE1 no realizan la rendición de cuentas, ni el Plan de Inversión para Socio Bosque, con todas las comunidades de la nacionalidad Sápara. Según manifiesta, NASE1 (Basilio Mucushigua, Bernabé Armas, Bernardo Pichura) solo realiza pequeñas entregas como pollos o motores fuera de borda a ciertas comunidades a fin de que no realicen reclamos a la dirigencia de NASE1.

Estos desacuerdos generaban grandes preocupaciones a NASE2 (Bartolo Ushigua, Gloria Ushigua, Soraya Ushigua, Joaquín Ushigua, Juan Ruiz), en torno al uso de tierra en el territorio (ya que temen perder su territorio), al incremento de la población, al deterioro ambiental y al incumplimiento del contrato del programa Socio-Bosque del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador, ya que para este grupo de la nacionalidad dentro del área bajo conservación no se puede realizar ningún tipo de explotación (entrevistas Gloria Ushigua). Este testimonio lo evidencia: "en el caso de que ingresen empresas petroleras al territorio, habrá limitaciones en el uso del suelo, la población creciente necesitará más tierra para los cultivos, se producirá severas alteraciones a los ecosistemas, va haber conflictos graves sobre el tema de espacio y deterioro ambiental" (entrevista Bartolo Ushigua).

Este escenario reflejó las presiones que debían soportar la nacionalidad Sápara sobre el manejo de los recursos naturales; por lo que se vuelve necesario disponer de un marco legal e institucional que se ajuste a la realidad del país y que permita una adecuada regulación de los servicios ambientales[41,42]. Esta normativa debe definir mecanismos de incentivos y reconocimientos económicos, culturales y sociales para las personas (naturales y jurídicas, públicas y privadas), comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas que protejan y mantengan los servicios ambientales; con claridad en el uso y aprovechamiento económico; garantizando una distribución equitativa y solidaria de los beneficios económicos que se generen del uso y aprovechamiento de los mismos.

En la actualidad la Nación Sápara del Ecuador NASE, ha logrado superar la barrera de mantener dos dirigencias, desde agosto del año 2022, se mantiene una sola dirigencia precedido por Juan Ruiz como presidente y Joaquín Ushigua como vicepresidente; sin embargo aún existen conflictos internos derivados del manejo de los fondos del programa Socio-Bosque (entrevista Joaquín Ushigua 2023).

El Estado ecuatoriano, a través del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica debería reformular algunos aspectos del Programa Socio-Bosque, a partir de un diálogo abierto y genuino especialmente con las organizaciones indígenas conjuntamente con entidades de la sociedad civil, academia y otros actores, a fin de identificar un formato de incentivos acorde a la cosmovisión de los diferentes pueblos y nacionalidades del Ecuador. En el caso de la Nacionalidad Sápara, más que el incentivo económico-monetario, acorde a lo expresado por Bartolo Ushigua, están interesados en el desarrollo de proyectos enfocados a: valorar sus conocimientos a través de la medicina natural y turismo de aprendizaje, es decir de cómo los pueblos indígenas se conectan con la naturaleza.

Así mismo, es importante contar con una política coherente y formal para la conservación de miles de hectáreas de bosques y territorios indígenas, que tenga por objeto dejar fuera y a perpetuidad a las actividades tales como el petróleo, la minería y las obras de infraestructura dentro

de estos espacios[43,44], lo cual es de vital importancia para implementar cualquier mecanismo de conservación como Socio Bosque o REDD+[41]. Para concluir se evidencia que la participación del programa Socio Bosque dentro de la nacionalidad Sápara no ha sido exitosa, ya que a más de desatar un conflicto social originando dos dirigencias con diferentes intereses, se ha quebrantado la confianza entre el Estado y este pueblo indígena que mantenía un ideal unificado en conservar sus bosques y que ahora se vea amenazado por la explotación de sus recursos petroleros dentro del área bajo conservación.

3.3. Posturas de la Nacionalidad Sápara ante REDD+

La postura de la Nacionalidad Sápara ante la implementación de REDD+ en su territorio se ha analizado a partir de su experiencia como ejecutores del programa Socio Bosque. El mecanismo REDD+ es una propuesta organizada por las Naciones Unidas que incluye la participación de los pueblos y comunidades locales y el respeto de los derechos de los pueblos indígenas y los convenios internacionales que los garantizan[45–47]. Una diferencia sustancial entre el PSB y REDD+ es el tipo de compensación financiera, ya que REDD+ puede abarcar esquemas mucho más amplios, de índole política y programática, mientras que el Programa Socio Bosque ofrece exclusivamente un pago mediante transferencia de recursos monetarios [32,34,48]. El objetivo de REDD+ es controlar y reducir las tasas de deforestación y degradación de bosques con la intención de disminuir las cantidades de emisiones de GEI, mientras que el PSB incluye de manera decisiva la entrega de incentivos como sistema de reducción de la inequidad y la pobreza[49,50].

De acuerdo con las entrevistas realizadas a los dirigentes de la Nacionalidad Sápara, se evidencia un conocimiento limitado sobre REDD+ en las comunidades Sápara, ya que lo consideran muy parecido a Socio-Bosque y mantienen desconfianza con el Estado ecuatoriano. Esta desconfianza se debe a la falta de garantías necesarias ni políticas claras que aseguren la conservación de los bosques sin anteponer los intereses del Estado, especialmente en la explotación de recursos petroleros o mineros[45,51]. Además, consideran que REDD+ no es un mecanismo serio que vaya a apoyar en el desarrollo de sus comunidades. Los testimonios muestran que ha existido poca participación de la Nacionalidad Sápara en el desarrollo de las políticas de conservación de bosques y REDD+, y que esta nacionalidad tiene un conflicto de intereses plasmado en la existencia de dos dirigencias que se denominan legítimas, hasta el año 2022.

3.4. Debilidades y desafíos ante la actual gobernanza forestal y REDD+ del Ecuador

A pesar de la rica biodiversidad del Ecuador, todavía hay desafíos en el uso sostenible y la conservación de los bosques. Las comunidades locales y los pueblos indígenas tienen sus propias normas para la gestión forestal que no siempre coinciden con la normativa nacional, que es muy general y difícil de cumplir adecuadamente en el sector local, especialmente dentro de los territorios indígenas[46]. La gobernanza de los bosques en el territorio Sápara se manejaba de manera participativa mediante asambleas y con un ideal unificado en la no explotación del petróleo existente en su territorio. Sin embargo, la lucha de dos líderes por manejar los recursos económicos percibidos por el Estado como incentivo del programa Socio-Bosque ha fraccionado esta gobernanza, evidenciando claramente la división del pueblo Sápara con dos grupos bien marcados hasta el año 2022, dejando de un lado el principio de conservación de los bosques e incidiendo en la desconfianza del pueblo Sápara con el Estado. Esta situación ha llevado a la negativa de continuar con Socio Bosque y, por lo tanto, de la implementación de REDD+ dentro del territorio Sápara.

Este hecho destaca que el mecanismo de gobernanza sobre el manejo de los recursos naturales que están proveyendo estos incentivos debe mejorarse para promover una distribución equitativa

de los fondos, considerando inversiones no solo para la dirigencia, asambleas, educación y salud, sino también enfocados en otras actividades de interés común en las familias. Además, el sistema de uso de estos recursos destinados, por ejemplo, a la educación, salud, valorización del idioma y otros, puede mejorarse en términos de transparencia y equidad.

Aunque los temas de conservación parecen tener vigencia en el país, dado su inclusión de forma enfática en la Constitución del Ecuador del 2008, donde incluso se le otorgan derechos a la Pachamama (Art. 74), es evidente que el actual estilo de desarrollo sigue favoreciendo a los proyectos extractivistas (explotación del petróleo, minería) con débil consideración ambiental y de las necesidades de las mayorías sociales. Si bien se han incorporado ciertos criterios ambientales, éstos no responden a una política ambiental nacional y menos regional, lo que provoca serias contradicciones entre una resolución y otra; por ejemplo, el hacer explotación petrolera dentro del área de Socio Bosque de la Nacionalidad Sápara. El Estado ha mostrado un claro interés en promover actividades extractivas que generen rentas, en lugar de dedicarse a programas de conservación. Por lo tanto, ante un escenario REDD+, es necesario generar confianza entre el Estado y la Nacionalidad Sápara, aclarando los temores usuales de los pobladores locales, como la posibilidad de perder sus tierras o de que su territorio no se conserve, a pesar de los esfuerzos realizados.

Bartolo Ushigua sostiene que la implementación de REDD+ debe ser respaldada por políticas transparentes y rigurosas, que se manejen de manera colaborativa entre los actores involucrados (es decir, las comunidades indígenas y el Estado). De este modo, se podría fomentar un entendimiento claro y preciso, y se podrían desarrollar capacidades técnicas dentro de la nacionalidad, además de mantener un sistema de difusión efectivo para que los temas relacionados sean comprendidos correctamente. En la actualidad, según Ushigua, las políticas de conservación no son claras y existen diversas cifras sobre los fondos REDD+, sin embargo, nadie sabe de dónde provienen ni adónde van. Son fondos que parecen estar en el aire (según una entrevista con Bartolo Ushigua). Por otra parte, una tenencia clara de la tierra es fundamental para sostener las relaciones sociales y el empoderamiento comunitario que fortalecería a la nación Sápara. Esto se traduce en la legalización del territorio Sápara, incluyendo todas sus comunidades.

La Asociación Indígena Evangélica de Pastaza (AIEPRA) logró en 1992 la primera titulación de 251.503 hectáreas para la Nacionalidad Sápara, y en 2008 obtuvieron una segunda titulación de 70.503 hectáreas, que se estableció por la franja de Seguridad Nacional. Esto suma un total de 322.029 hectáreas tituladas a nombre de la Nación Sápara del Ecuador (NASE), que incluye 23 comunidades. Sin embargo, aún quedan 5 comunidades por legalizar, las cuales suman alrededor de 50.000 hectáreas. Si se reconociera ese territorio, el territorio Sápara abarcaría un total de 360.861 hectáreas

3.5. Debilidades y desafíos del sistema organizativo de la Nacionalidad Sápara

La historia organizativa de la Nacionalidad Sápara se remonta a 1992, cuando se creó la Unión de Centros de Territorio Zapara del Ecuador (UCTZE), que posteriormente se convirtió en la Organización de la Nacionalidad Zápara del Ecuador (ONAZE) en 1998. En 2007, se cambió el nombre a Nacionalidad Sápara de Pastaza Ecuador (NASAPE). A nivel binacional, en junio de 2006, se fundó la Federación Binacional Zapara de Pastaza del Ecuador y del Perú (FEBZPEP), con el apoyo de la UNESCO, que en el año 2001 reconoció las tradiciones orales y manifestaciones culturales Sáparas como Obra Maestra de Patrimonio Oral Inmaterial de la Humanidad.

En el año 2008, gracias a la gestión de la CONFENIAE (Confederación de Nacionalidades Indígenas de la Amazonía Ecuatoriana) y de la CONAIE (Confederación de Nacionalidades Indígenas del Ecuador), se creó la Nación Sápara del Ecuador (NASE), con una sola dirigencia. No obstante, actualmente la organización de la Nacionalidad Sápara se encuentra debilitada y fragmentada debido al conflicto social que enfrentan por el manejo de los recursos naturales. Esto evidencia un sistema organizativo débil de la Nacionalidad Sápara. Por lo tanto, para implementar un programa de REDD+, el principal desafío es fortalecer la debilidad organizativa y cultural de la Nacionalidad Sápara. La participación de los pueblos indígenas en REDD+ depende en gran medida del grado de organización interna y de si la difusión de información sobre el programa es positiva o negativa.

3.6. Oportunidades y desafíos que presenta la Nacionalidad Sápara para la implementación de REDD+

La Nacionalidad Sápara enfrenta tres desafíos principales para la implementación de REDD+. En primer lugar, es urgente fomentar un proceso de solución de conflictos que unifique todas las comunidades reconocidas como Sáparas. En segundo lugar, se debe reconocer a todas las comunidades y sus territorios, es decir, otorgar la legalización del territorio que no tiene título (aproximadamente 50,000 hectáreas). En tercer lugar, se necesita generar capacidades técnicas dentro de la Nacionalidad Sápara para que comprendan adecuadamente los mecanismos REDD+, especialmente las mujeres de las comunidades que no hablan suficientemente el castellano para entender la compleja temática de Socio-Bosque y REDD+ en su propio idioma. Asimismo, es necesario fortalecer la gobernanza sobre los bosques para crear confianza entre el Estado y la Nacionalidad Sápara y hacerlos participar en la formación de políticas serias y claras para fomentar la conservación y contribuir al desarrollo de las comunidades. A pesar de los grandes desafíos a los que se enfrenta la Nacionalidad Sápara del Ecuador (NASE), en un escenario REDD+, estos podrían convertirse en oportunidades para la Nacionalidad, ya que implementar este mecanismo puede abrir una vía que permite compensar a las comunidades que han estado protegiendo sus bosques todo el tiempo, suministrando apoyo técnico y financiero y conciliando los objetivos de las comunidades y el Estado en materia de conservación de bosques y a su vez contribuir al desarrollo de las comunidades.

Las siguientes son las oportunidades que REDD+ podría ofrecer a la Nacionalidad Sápara:

El Estado debe mejorar sus sistemas de gobernanza respecto a los bosques para fomentar la confianza de las comunidades indígenas en los programas de conservación de recursos naturales, como el Programa Socio-Bosque. La falta de coherencia en la gobernanza del Estado, la contradicción entre ministerios, la falta de seguimiento y de recursos para vigilar los planes de conservación, y la postura contradictoria del Estado frente a los bosques y la explotación petrolera, han generado desconfianza entre el Estado y la Nacionalidad Sápara, lo que ha provocado su rechazo a participar en Socio-Bosque o REDD+.

La participación en REDD+ permitiría reconciliar los objetivos del Estado y la Nacionalidad. Para lograr esto, el gobierno podría apoyar a la Nacionalidad para participar en REDD+ y así enmendar su relación dañada, que ha dificultado cualquier progreso en el último tiempo. Además, se podría aprovechar el financiamiento de REDD+ para ayudar a legalizar las tierras de algunas comunidades Sápara que aún no están legalizadas y garantizar el respeto por sus derechos de propiedad. Por último, REDD+ podría contribuir a mejorar la capacidad técnica de los miembros de la Nacionalidad en el manejo forestal.

4. Conclusiones

La nacionalidad Sápara se enfrenta a varios desafíos para fortalecer su gobernanza sobre los recursos naturales y, por lo tanto, implementar REDD+. El primer desafío es la necesidad urgente de promover un proceso de solución de conflictos que unifique a todas las comunidades reconocidas como Sáparas. En segundo lugar, es necesario reconocer todas las comunidades y sus territorios, otorgando la legalización del territorio que aún no ha sido titulado. El tercer desafío es generar capacidades técnicas dentro de la nacionalidad Sápara para comprender adecuadamente los mecanismos de REDD+. Esto permitirá una comprensión completa de la compleja temática de Socio-Bosque y REDD+ en su propio idioma. Finalmente, es importante fortalecer la gobernanza sobre los bosques para crear confianza entre el Estado y la nacionalidad Sápara y hacerlos partícipes en la formación de políticas serias y claras que fomenten la conservación y el desarrollo de las comunidades.

Además, REDD+ puede proporcionar varias oportunidades para la nacionalidad Sápara en su territorio. En primer lugar, el gobierno puede ayudar a resolver las disputas por el liderazgo de la nacionalidad y el manejo de los fondos provenientes de programas estatales u ONG, unificándolos en una sola dirigencia que luche por el desarrollo mancomunado de la nacionalidad y fortaleciendo así su organización. En segundo lugar, se puede fortalecer los sistemas de gobernanza de los bosques para conciliar los objetivos de la nacionalidad Sápara con los del Estado, conservando los bosques y afianzando el desarrollo de las comunidades. En tercer lugar, existe la posibilidad de legalizar las tierras que aún no tienen título de propiedad. Finalmente, es importante crear capacidades técnicas dentro de la comunidad para fortalecer la gobernanza de sus bosques.

Contribución de autores: conceptualización, A.T. y R.J.H.F.; metodología, A.T., R.J.H.F. y M.U.; software, W.G.C., G.P.P. y M.L.C.S.; validación, A.T., R.J.H.F.; análisis formal, A.T., R.J.H.F.; investigación, A.T., R.J.H.F., M.U., W.G.C., G.P.P. y M.L.C.S.; recursos, A.T. y R.J.H.F.; curaduría de datos, M.U., W.G.C., G.P.P. y M.L.C.S.; redacción-revisión y edición, A.T., R.J.H.F., M.U., W.G.C., G.P.P. y M.L.C.S.; visualización, R.J.H.F.; supervisión, A.T. y R.J.H.F.; administración de proyectos, A.T. y R.J.H.F.; adquisición de fondos, A.T. y R.J.H.F.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Raven, P.H.; Gereau, R.E.; Phillipson, P.B.; Chatelain, C.; Jenkins, C.N.; Ulloa Ulloa, C. The Distribution of Biodiversity Richness in the Tropics. *Sci. Adv.* **2020**, *6*, eabc6228.
2. Noroozi, J.; Talebi, A.; Doostmohammadi, M.; Rumpf, S.B.; Linder, H.P.; Schneeweiss, G.M. Hotspots within a Global Biodiversity Hotspot—Areas of Endemism Are Associated with High Mountain Ranges. *Sci. Rep.* **2018**, *8*, 1–10.
3. Guevara Andino, J.E.; Pitman, N.C.A.; Ulloa Ulloa, C.; Romoleroux, K.; Fernández-Fernández, D.; Ceron, C.; Palacios, W.; Neill, D.A.; Oleas, N.; Altamirano, P. Trees of Amazonian Ecuador: A Taxonomically Verified Species List with Data on Abundance and Distribution 2019.
4. Ulloa Ulloa, C.; Acevedo-Rodríguez, P.; Beck, S.; Belgrano, M.J.; Bernal, R.; Berry, P.E.; Brako, L.; Celis, M.; Davidse, G.; Forzza, R.C. An Integrated Assessment of the Vascular Plant Species of the Americas. *Science (80-.)*. **2017**, *358*, 1614–1617.
5. Cazzolla Gatti, R.; Reich, P.B.; Gamarra, J.G.P.; Crowther, T.; Hui, C.; Morera, A.; Bastin, J.-F.; De-Miguel, S.; Nabuurs, G.-J.; Svenning, J.-C. The Number of Tree Species on Earth. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **2022**, *119*, e2115329119.
6. Jaureguiberry, P.; Titeux, N.; Wiemers, M.; Bowler, D.E.; Coscieme, L.; Golden, A.S.; Guerra, C.A.; Jacob, U.; Takahashi, Y.; Settele, J. The Direct Drivers of Recent Global Anthropogenic Biodiversity Loss. *Sci. Adv.* **2022**, *8*, eabm9982.
7. Nandiyanto, A.B.D.; Ragadhita, R.; Al Husaeni, D.N.; Nugraha, W.C. Research Trend on the Use of Mercury in Gold Mining: Literature Review and Bibliometric Analysis. *Moroccan J. Chem.* **2023**, *11*,

- 11.
8. Dawson, W.; Moser, D.; Van Kleunen, M.; Kreft, H.; Pergl, J.; Pyšek, P.; Weigelt, P.; Winter, M.; Lenzner, B.; Blackburn, T.M. Global Hotspots and Correlates of Alien Species Richness across Taxonomic Groups. *Nat. Ecol. Evol.* **2017**, *1*, 186.
9. Valipour, M.; Bateni, S.M.; Jun, C. Global Surface Temperature: A New Insight. *Climate* **2021**, *9*, 81.
10. Habel, J.C.; Rasche, L.; Schneider, U.A.; Engler, J.O.; Schmid, E.; Rödder, D.; Meyer, S.T.; Trapp, N.; Sos del Diego, R.; Eggermont, H. Final Countdown for Biodiversity Hotspots. *Conserv. Lett.* **2019**, *12*, e12668.
11. Trew, B.T.; Maclean, I.M.D. Vulnerability of Global Biodiversity Hotspots to Climate Change. *Glob. Ecol. Biogeogr.* **2021**, *30*, 768–783.
12. FAO; UN Global Forest Resources Assessment 2020: Key Findings 2020.
13. Torres, B.; Eche, D.; Torres, Y.; Bravo, C.; Velasco, C.; García, A. Identification and Assessment of Livestock Best Management Practices (BMPs) Using the REED+ Approach in the Ecuadorian Amazon. *Agronomy* **2021**, *11*, doi:10.3390/agronomy11071336.
14. Torres, B.; Maza, O.J.; Aguirre, P.; Hinojosa, L.; Günter, S. *The Contribution of Traditional Agroforestry to Climate Change Adaptation in the Ecuadorian Amazon: The Chakra System*; 2015; ISBN 9783642386701.
15. Bank, W. *World Development Report 2002: Building Institutions for Markets*; The World Bank, 2001; ISBN 0195216067.
16. Angelsen, A.; Jagger, P.; Babigumira, R.; Belcher, B.; Hogarth, N.J.; Bauch, S.; Börner, J.; Smith-Hall, C.; Wunder, S. Environmental Income and Rural Livelihoods: A Global-Comparative Analysis. *World Dev.* **2014**, *64*, S12–S28.
17. da Rosa, C.M.; Marques, M.C.M. How Are Biodiversity and Carbon Stock Recovered during Tropical Forest Restoration? Supporting the Ecological Paradigms and Political Context Involved. *J. Nat. Conserv.* **2021**, 126115.
18. Zeppetello, L.R.V.; Cook-Patton, S.C.; Parsons, L.A.; Wolff, N.H.; Kroeger, T.; Battisti, D.S.; Bettles, J.; Spector, J.T.; Balakumar, A.; Masuda, Y.J. Consistent Cooling Benefits of Silvopasture in the Tropics. *Nat. Commun.* **2022**, *13*, 1–9.
19. MAE Deforestación Del Ecuador Continental Periodo 2014–2016 2017.
20. Torres, B.; Fischer, R.; JC, V.; Günter, S. Deforestación En Paisajes Forestales Tropicales Del Ecuador: Bases Científicas Para Perspectivas Políticas. *Univ. Estatal Amaz. Inst. Johan Heinrich von Thunen. Puyo. Ecuador. Ser. publicaciones misceláneas del Ina.* **2020**, *15*, 172.
21. Sierra, R.; Calva, O.; Guevara, A. La Deforestación En El Ecuador, 1990–2018. *Factores Promot. y tendencias recientes* **2021**.
22. Mejía, E.; Pacheco, P.; Muzo, A.; Torres, B. Smallholders and Timber Extraction in the Ecuadorian Amazon: Amidst Market Opportunities and Regulatory Constraints. *Int. For. Rev.* **2015**, *17*, 38–50.
23. Cuervo-Osorio, V.D.; Martínez, B.C.; Quetz-Aguirre, E.M.; Sánchez, E.P.; de Mayo Araucana Mejenes López, S. Assessment of the Capacity of Change of Campeche Livestock Systems towards an Organic Production Model [Evaluación de La Capacidad de Cambio de Los Sistemas Ganaderos de Campeche Hacia Un Modelo de Producción Orgánica]. *Trop. Subtrop. Agroecosystems* **2020**, *23*.
24. NEILL, D.A. ¿ Cuantas Especies Nativas de Plantas Vasculares Hay En Ecuador? *UEA/ Rev. Amaz. Cienc. y Tecnol.* **2012**, *1*, 70–83.
25. Kleemann, J.; Zamora, C.; Villacis-Chiluisa, A.B.; Cuenca, P.; Koo, H.; Noh, J.K.; Fürst, C.; Thiel, M. Deforestation in Continental Ecuador with a Focus on Protected Areas. *Land* **2022**, *11*, 268.
26. Torres, B.; Bravo, C.; Torres, A.; Tipán-Torres, C.; Vargas, J.C.; Herrera-Feijoo, R.J.; Heredia-R, M.; Barba, C.; García, A. Carbon Stock Assessment in Silvopastoral Systems along an Elevational Gradient: A Study from Cattle Producers in the Sumaco Biosphere Reserve, Ecuadorian Amazon. *Sustainability* **2023**, *15*.
27. Torres, B.; Espinoza, Í.; Torres, A.; Herrera-Feijoo, R.; Luna, M.; García, A. Livelihood Capitals and Opportunity Cost for Grazing Areas' Restoration: A Sustainable Intensification Strategy in the Ecuadorian Amazon. *Animals* **2023**, *13*, 714.
28. Herrera-Feijoo, R.J.; Torres, B.; López-Tobar, R.; Tipán-Torres, C.; Toulkeridis, T.; Heredia-R, M.; Mateo, R.G. Modelling Climatically Suitable Areas for Mahogany (*Swietenia Macrophylla* King) and Their Shifts across Neotropics: The Role of Protected Areas. *Forests* **2023**, *14*, 385.
29. Lerner, A.M.; Rudel, T.K.; Schneider, L.C.; McGroddy, M.; Burbano, D. V; Mena, C.F. The Spontaneous Emergence of Silvo-Pastoral Landscapes in the Ecuadorian Amazon: Patterns and Processes. *Reg. Environ. Chang.* **2015**, *15*, 1421–1431.
30. Fa, J.E.; Watson, J.E.M.; Leiper, I.; Potapov, P.; Evans, T.D.; Burgess, N.D.; Molnár, Z.; Fernández-Llamazares, Á.; Duncan, T.; Wang, S. Importance of Indigenous Peoples' Lands for the Conservation of Intact Forest Landscapes. *Front. Ecol. Environ.* **2020**, *18*, 135–140.

31. Garnett, S.T.; Burgess, N.D.; Fa, J.E.; Fernández-Llamazares, Á.; Molnár, Z.; Robinson, C.J.; Watson, J.E.M.; Zander, K.K.; Austin, B.; Brondizio, E.S. A Spatial Overview of the Global Importance of Indigenous Lands for Conservation. *Nat. Sustain.* **2018**, *1*, 369–374.
32. Krause, T.; Loft, L. Benefit Distribution and Equity in Ecuador's Socio Bosque Program. *Soc. Nat. Resour.* **2013**, *26*, 1170–1184.
33. Yanez, P.; Granda, M.J. Factores Socio-Ambientales y de Conservación En Predios Amazónicos de Ecuador Vinculados o No Al Programa Socio Bosque Socio Bosque. *INNOVA Res. J.* **2016**, *1*, 17–29.
34. Granda, M.J.; Yáñez, P. Estudio Sobre La Percepcion de Los Beneficios Del Programa Socio Bosque En La Region Amazonica Ecuatoriana. *LA GRANJA. Rev. Ciencias la Vida* **2017**, *26*, 28–37.
35. MAATE Interactive Map of MAATE Available online: <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/> (accessed on 23 February 2023).
36. Proaño, F.; Ortiz, F. PLAN DE ACCIÓN REDD+ ECUADOR 2015.
37. Locatelli, B.; Evans, V.; Wardell, A.; Andrade, A.; Vignola, R. Forests and Climate Change in Latin America: Linking Adaptation and Mitigation. *Forests* **2011**, *2*, 431–450.
38. ENF Inventario Nacional Forestal Available online: http://enf.ambiente.gob.ec/web_enf/.
39. Tapia Rojas, A.E. Comunidades Indígenas Amazónicas y La Implementación de REDD+ En Ecuador: Estudio de Caso de La Nacionalidad Sápura, Provincia de Pastaza 2018.
40. Soto-Pinto, L.; Jiménez-Ferrer, G. Socio-Environmental Contradictions in Carbon Mitigation Processes in Agroforestry Systems [Contradicciones Socioambientales En Los Procesos de Mitigación Asociados Al Ciclo Del Carbono En Sistemas Agroforestales]. *Madera y Bosques* **2018**, *24*, doi:10.21829/myb.2018.2401887.
41. (MAE), M. del A. del E. Bosques Para El Buen Vivir–Plan de Acción REDD+ Ecuador, (2016–2025) 2016.
42. Leguía, D. Moscoso, F. “Análisis de Costos de Oportunidad y Potenciales Flujos de Ingresos: Una Aproximación Económica – Espacial Aplicada Al Caso Del Ecuador”; Quito–Ecuador, 2014;
43. Baynard, C.W.; Ellis, J.M.; Davis, H. Roads, Petroleum and Accessibility: The Case of Eastern Ecuador. *GeoJournal* **2013**, *78*, 675–695, doi:10.1007/s10708-012-9459-5.
44. Suárez, E.; Morales, M.; Cueva, R.; Bucheli, U.V.; Zapata-Ríos, G.; Toral, E.; Torres, J.; Prado, W.; Olalla, V.J. Oil Industry, Wild Meat Trade and Roads: Indirect Effects of Oil Extraction Activities in a Protected Area in North–Eastern Ecuador. *Anim. Conserv.* **2009**, *12*, 364–373, doi:10.1111/j.1469-1795.2009.00262.x.
45. Ojeda, T.; Aguirre, N. Los Bosques Como Aliados a La Mitigación Del Cambio Climático En El Contexto de REDD+ En El Ecuador. *CEDAMAZ* **2012**, *2*.
46. Reed, P. REDD+ and the Indigenous Question: A Case Study from Ecuador. *Forests* **2011**, *2*, 525–549.
47. Loaiza, T.; Nehren, U.; Gerold, G. REDD+ Implementation in the Ecuadorian Amazon: Why Land Configuration and Common-Pool Resources Management Matter. *For. Policy Econ.* **2016**, *70*, 67–79.
48. De Koning, F.; Aguiñaga, M.; Bravo, M.; Chiu, M.; Lascano, M.; Lozada, T.; Suarez, L. Bridging the Gap between Forest Conservation and Poverty Alleviation: The Ecuadorian Socio Bosque Program. *Environ. Sci. Policy* **2011**, *14*, 531–542.
49. González, R.; Sánchez, M.S.; Chirinda, N.; Arango, J.; Bolívar, D.M.; Escobar, D.; Tapasco, J.; Rosales, R.B. Limitations to Implementing Greenhouse Gas Mitigation Actions in Livestock Systems in Latin America [Limitaciones Para La Implementación de Acciones de Mitigación de Emisiones de Gases de Efecto de Invernadero (GEI) En Sistemas Ganaderos En Latinoamérica]. *Livest. Res. Rural Dev.* **2015**, *27*.
50. Baul, T.K.; Peuly, T.A.; Nandi, R.; Schmidt, L.H.; Karmakar, S. Carbon Stocks of Homestead Forests Have a Mitigation Potential to Climate Change in Bangladesh. *Sci. Rep.* **2021**, *11*, doi:10.1038/s41598-021-88775-7.
51. Nepstad, D.; Ardila, J.P.; Stickler, C.; Barrionuevo, M. de los A.; Bezerra, T.; Vargas, R.; Rojas, G. Adaptive Management of Jurisdictional REDD+ Programs: A Methodology Illustrated for Ecuador. *Carbon Manag.* **2021**, *12*, 323–333.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Riesgos mecánicos y su efecto en los trabajadores de la industria bananera de la zona norte de Quevedo

Nelly Manjarrez Fuentes 

Marianela Egas Loor 

Daniel Parra Gavilanes 

Jhon Alejandro Boza Valle 

Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Av. Quito km, 1 1/2 Vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo 120550, Ecuador

 Correspondencia: nmanjarrez@uteq.edu.ec

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62066>

Resumen: El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de identificar una gestión técnica de riesgos mecánicos en los procesos de corte y empaque en diez haciendas bananeras del norte del cantón Quevedo de la Provincia de Los Ríos. Se identificaron los riesgos a que se encuentran expuestos los trabajadores en la realización de sus actividades en cada uno de los puestos de trabajo, se evidenció los principales riesgos mecánicos a que se exponen, éstos se agravan debido a la posición estática del pie durante toda la jornada laboral, y por caídas generadas en las condiciones del terreno que pueden ocasionar cortaduras, golpes debido al uso de herramientas cortantes, se aplicó una encuesta para identificar los riesgos con un alto grado de peligrosidad.

Palabras claves: Riesgos, trabajadores, salud, procesos



Citation: Manjarrez Fuentes, N., Egas Loor, M., Parra Gavilanes, D., & Boza Valle, J. A. (2023). Riesgos mecánicos y su efecto en los trabajadores de la industria bananera de la zona norte de Quevedo. Green World Journal, 6(2), 66.

<https://doi.org/10.53313/gwj62066>

Received: 05/Mar /2023

Accepted: 22/May /2023

Published: 23/May /2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.

Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial

editor@greenworldjournal.com

Mechanical hazards and their effect on workers in the banana industry in the northern zone of Quevedo

Abstract: The present research work was carried out with the objective of carrying out a technical management of mechanical risks in the cutting and packing processes in ten banana farms in the north of the Quevedo canton of the Province of Los Ríos. The risks to which workers are exposed in carrying out their activities in each of the positions were identified, it was evidenced that the main risks to which mechanics are exposed are aggravated due to the static position of the foot throughout the day. work, and by falls generated by terrain conditions and cuts, blows due to the use of sharp tools, a survey was applied to identify the risks with a high degree of danger.

Keywords: Risks, workers, health, processes

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license. Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

1. Introducción

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) menciona que el sector agrícola corresponde aproximadamente a un tercio de la fuerza de trabajo mundial, ya sea como trabajadores agrícolas asalariados en empresas e industrias, agricultores comerciales (grandes, pequeños), trabajadores ocasionales o jornaleros, trabajadores a tiempo parcial o trabajadores sub-contratados. Lo anterior, evidencia la existencia de heterogeneidad en las modalidades de trabajo en la economía rural, que da cuenta de la importancia de que las políticas hagan la distinción acerca de las personas que cuentan con ocupación regular –por ende, de medidas de protección– y de quienes a menudo están excluidos de la cobertura de la legislación laboral nacional (trabajadores ocasionales o jornaleros, subcontratados o a tiempo parcial [1].

La gestión de riesgos se ha convertido en una exigencia en las empresas, para crear cultura de prevención donde dentro de las organizaciones que compromete al personal y a las partes interesadas a cumplir lineamientos de seguridad para evitar accidentes y enfermedades ocupacionales, asegurando ambientes de trabajo donde la prioridad son las personas ya que son el inicio y el fin de todo proceso productivo.

Para el sector agrícola la [2] estimó que las cifras de accidente de trabajo y enfermedad laboral representaban 6.300 fallecimientos al día y más de 2.3 millones al año; para el año 2019 añadió que aproximadamente la mitad de los 321.000 accidentes mortales anuales en el mundo se presentan en la agricultura [3].

En el Ecuador se están modificando leyes y reglamentos que garanticen el control de la seguridad y salud en el trabajo siendo de vital importancia para las industrias. En la [4] en su artículo 326 numeral 5 estipula que “toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente 7 adecuado y propicio que garantice su salud, seguridad, higiene y bienestar”.

Los trabajadores que laboran dentro de una hacienda bananera deben muchas veces multiplicar su jornada laboral de 8 horas diarias en ocasiones debido a la demanda de producción para la exportación del producto se trabaja horas extras, los descansos laborales son escasos dando como consecuencia estrés, fatiga, insomnio, agotamiento físico y mental, desgaste corporal, bajas defensas siendo susceptible a todo tipo de enfermedades, depresiones, cambios humor, entre otros [5].

Las haciendas bananeras no cuentan con una gestión técnica de identificación y evaluación de riesgos pueden ocasionar accidentes al momento de manipular herramientas, maquinarias y equipos presentes en el lugar de trabajo. La no existencia de identificación, evaluación y control sobre riesgos laborales mecánicos en las áreas de corte y empaque que se presentan en las 10 haciendas bananeras y las faltas de procedimientos seguros en los puestos de trabajo, dará como resultado el aumento del número accidentes, por las condiciones de trabajo no óptimas.

La investigación versa sobre los riesgos mecánicos generados por la maquinaria, herramientas, aparatos de izar, instalaciones, superficies de trabajo, orden y aseo. Son factores asociados a la generación de accidentes de trabajo en las haciendas bananeras, en los procesos de producción como cosecha y empaque.

El objetivo de la presente investigación es Identificar los riesgos mecánicos en los puestos de trabajo de los procesos de corte y empaque en la industria Bananera.

2. Metodología

La presente investigación es cuantitativa, se investigó a partir de las características e intereses de los trabajadores en las haciendas bananeras de la zona norte de Quevedo, se analizó la

información extraída de la encuesta, se aplicó los instrumentos para identificar los factores de riesgos en los procesos del área de corte y empaque. Esta investigación es de campo fue ejecutada en 10 haciendas bananeras, considerando a los cantones de Quevedo, Valencia y Buena Fe, otra característica el número de hectáreas y la población de trabajadores de un total de 250, en los diferentes puestos de trabajo de corte y empackado. Además, se verificó el cumplimiento de las normas de seguridad y salud ocupacional vigentes, para la recolección de la información y fue aplicada a los trabajadores de las haciendas.

El Ecuador es el principal exportador de banano en el mundo, muchas empresas se dedican al cultivo de banano para exportación, sin embargo, esta labor se desarrolla exponiendo a los trabajadores a actividades en las plantaciones bananeras, la labor que se desarrolla está expuesta a un sin número de riesgos que pueden tener consecuencias traumáticas y patologías [6].

Riesgos mecánicos *“Se denomina riesgos mecánicos al conjunto de factores que pueden dar lugar a una lesión por la acción mecánica de elementos de máquinas, herramientas, piezas a trabajar o materiales proyectados, solidos o fluidos”*. En este sentido el manejo de herramientas cortopunzantes y equipos manuales comprende los cortes y punzamientos que el trabajador recibe por acción de un objeto o herramienta; siempre que sobre estos actúen otras fuerzas diferentes a la gravedad, se incluyen martillazos, cortes con tijeras, cuchillos o navajas, filos y punzamientos, agujas, cepillos, otros. Para la operación de herramientas y equipos manuales, se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Como primer paso para realizar un correcto uso de la herramienta, es contar con la herramienta adecuada, escoger la herramienta correcta para el trabajo a realizar
- Se verificará que toda nueva herramienta adquirida, tenga las seguridades del caso, tales como guardas de seguridad mango ergonómico, puesta de tierra, aislamiento eléctrico, baja generación de ruido y baja generación de vibración.
- Verificar el buen estado de las herramientas antes de usarlas: mangos sin astillas o flojos, partes metálicas que no estén oxidadas, rotas o desafiladas, cables eléctricos sin aislamiento, roto o cable pelados en caso de herramientas mecanizadas, partes obstruidas de la herramienta por suciedad, etc. Considerar además que,
- Deben estar limpias, es decir libres de aceites, grasas o sustancias deslizantes.
- El trabajador debe conocer cómo se debe utilizar la herramienta conforme las indicaciones del fabricante y del jefe superior. Es importante no subestimar las indicaciones de una persona que tiene experiencia y sobre todo los conocimientos adecuados sobre el uso de herramientas.
- Utilizar el equipo de protección personal al utilizar las herramientas conforme las indicaciones del fabricante y del jefe superior.
- Toda herramienta eléctrica portátiles deberá poseer doble aislamiento eléctrico, tener en su enchufe la conexión de puesta a tierra o un dispositivo de detección de falla a tierra. Estos equipos deberán tener su respectiva certificación.
- Exclusivamente el personal competente podrá trabajar, reparar, mantener o instalar los equipos eléctricos.

- El diseño de herramientas y equipos solo podrá ser modificado por personal capacitado y calificado [7]

Según, [8] las herramientas y equipos deberán ser inspeccionadas y mantenidas en buenas condiciones y usadas para sus fines establecidos, se instruirá a los trabajadores en la correcta forma de trabajar y en los riesgos inherentes de manipular herramientas cortopunzantes con fin de evitar accidentes.

En paralelo las superficies de circulación irregulares es cuando los trabajadores podrían tener afectaciones osteomusculares (lesión dolorosa) por distensión de varios ligamentos en las articulaciones de las extremidades inferiores, al caminar o transitar por superficies irregulares [5] las superficies de trabajo deberán cumplir con las siguientes consideraciones mínimas:

- Todo el personal que transita por las oficinas o en las instalaciones de la empresa deberán hacerlo caminando normalmente, no corriendo pues podría accidentarse.
- Los pisos en oficinas, talleres bodegas y otros, deberán mantenerse secos; en casos de no estarlo se deberán colocar los avisos de prevención respectivos.
- Las áreas de tránsito permanente y temporales deberán estar libres de obstáculos y niveladas para evitar tropiezos y caídas.
- Las áreas de trabajo deberán mantenerse ordenadas y limpias.
- Los canales de desagüe deberán tener rejillas o elementos similares que las cubran, y que sean de resistencia suficiente para soportar la circulación de carga sobre ellas.
- Los pozos, fosas y similares deberán estar debidamente cubiertos para evitar caídas accidentales.
- Las irregularidades existentes en los pisos se repararán a fin de evitar accidentes [7]

Otro riesgo es el orden y limpieza, numerosos accidentes que se imputan a otras causas tienen su origen en el poco orden y falta de limpieza. El desorden produce tropiezos, resbalones, caídas, incendios, entre otros. Son varios los accidentes que se producen por golpes, quemaduras, salpicaduras y caídas como consecuencia de un ambiente desordenado o sucio, resbaladizos, materiales colocados fuera de lugar y acumulación de desperdicios. Se tomará en cuenta las siguientes consideraciones:

- Lugares asignados para colocar las herramientas, equipos portátiles en los lugares designados para su almacenamiento.
- Las superficies de tránsito deberán estar libres de obstáculos.
- Eliminar lo innecesario y clasificar lo útil, disponiendo de contenedores especiales para la recogida de lo inservible.
- Acondicionar los medios para guardar y localizar el material fácilmente, asignando un sitio para cada cosa en función de su uso y rapidez de localización.

- Evitar ensuciar y limpiar después, eliminando y controlando todo lo que pueda ensuciar y favorecer, en todo momento, el orden y la limpieza, normalizando procedimientos de trabajo y formando al personal para que no almacene materiales en zonas de paso o de trabajo, son las actuaciones fundamentales para asegurar el orden y limpieza en el trabajo.

Tabla 1. Principales procesos de corte y empaque

Procesos de área	Puestos de trabajo	Factores de riesgos
CORTE	Cortero/bajador	Al momento de cortar el racimo pueden producirse caídas.
	Arrumador /cunero	Caídas con peso del racimo en suelo húmedo o lodoso.
	Garruchero	Los ganchos del cable pueden estar en mal estado causando cortes.
	Desmanador	Cortes con el curvo.
	Seleccionador	Cortes con el curvo.
EMPAQUE	Pesador	Uso constante de agua, presencia de hongos.
	Etiquetero/a	Movimientos repetitivos.
	Fumigador post cosecha	Fumigación permanente, contacto con químicos.
	Embalador o empacador de fruta	Posición estática de pie, movimientos repetitivos.
	Estibador	Carga permanente de cajas llenas con producto.

3. Resultados

Se muestra los resultados conseguidos a lo largo de la investigación a continuación se detalla que los trabajadores de las haciendas bananeras de la zona norte de la provincia de Los Ríos realizan las mismas actividades las cuales ocasionan estar expuesto al mismo riesgo debido a sus labores diarias. En la aplicación de la encuesta en los procesos del área de corte y empaque en las diez haciendas bananeras, se obtuvieron como resultados dos riesgos altamente peligrosos, tanto en el puesto del desmanador y seleccionador debido a que usan constantemente un curvo muy afilado y su grado de peligrosidad es alta, el cual requiere actuación inmediata, porque posee una probabilidad alta de cortarse alguna parte de su cuerpo, con una consecuencia fatal de lesiones graves, esto se debe a que el tiempo de exposición de los trabajadores con más de 8 horas diarias. Los trabajadores además se encuentran expuestos a peligros, como caídas, cortes, golpes al mismo nivel y distinto nivel afectan a la salud de los trabajadores.

Tabla 2: Identificación de los riesgos mecánicos

Haciendas Bananeras Quevedo, Valencia, Buena Fe				
Proceso	Puesto de trabajo	Peligro	%	Expuestos
	Puyero/bajador	Cortes / Caídas sobre el mismo nivel	8%	21

Área de corte	Cunero	Caídas sobre el mismo nivel	10%	25
	Garruchero	Golpes/ Caídas sobre el mismo nivel	12%	30
Área de empaque	Desmanador	Cortes / Caídas sobre el mismo nivel	12%	29
	Seleccionador	Cortes	11%	28
	Pesador	Caídas sobre el mismo nivel	13%	32
	Etiquetador	Caídas sobre el mismo nivel	10%	24
	Fumigador postcosecha	Caídas sobre el mismo nivel	7%	18
	Empacador	Caídas sobre el mismo nivel	8%	20
	Estibador	Golpes y atrapamiento	9%	23
Total			100%	250

Tabla 2: Identificación de los riesgos mecánicos

Los accidentes de Trabajo, es el indicativo más claro e inmediato derivado de situaciones de pérdida de salud relacionadas con el ambiente de trabajo. Por tanto, el Accidente de Trabajo es sin duda el más evidente, tanto por sus consecuencias económicas como sociales [9]. El ser humano intervino directamente en el 85% de los accidentes por prácticas inseguras, en el 14% de los accidentes ocurridos por la combinación de ambas (99% de las veces) e intervino indirectamente en el 1% de los accidentes por condiciones inseguras, ya que la condición insegura necesariamente fue provocada por alguien [10].

4. Discusión

En [11] citan a [12] sobre la investigación de los accidentes laborales manifiesta “Cuidar al trabajador por medio de actividades que ayuden al bienestar laboral, es tarea de la empresa como tal”. Toda empresa debe contar con las medidas de prevención contra los riesgos mecánicos, haciendo hincapié en la capacitación del trabajador para informarle de todos los riesgos a los que se encuentran expuestos durante su actividad laboral, sino se cumplen con las normas establecidas. De esta manera, se prevendrá y disminuirá los riesgos del trabajo.

Según [13–16] en la investigación realizada referente a la incidencia de factores de riesgos mecánicos en las actividades bananeras los resultados obtenidos. “Los actos inseguros que derivan en accidentes laborales se debe a que los trabajadores a pesar de estar dotados de los equipos

de protección personal y procedimientos de trabajo seguro no los emplean ya sea por experiencia o exceso de confianza "Comparando con los resultados de nuestra investigación se dan resultados similares en este aspecto, pero se debe resaltar que los distintos procedimientos de trabajo seguro están en tiempo de asimilación por parte de los distintos trabajadores de las áreas de corte y empaque los cuales fueron desarrollados hace poco tiempo.

Según [14,18–22] sobre riesgos mecánicos indican: "En la actualidad no existe la sistemática que permita garantizar la Seguridad y Salud de los trabajadores reflejando carencia de una línea de prevención recomendable a cada situación o potencial de riesgo, para evitar los accidentes laborales o de otra índole, ya que los factores de riesgos influyen totalmente en las actividades a desarrollar dentro de la línea de producción como tal [15–20].

La seguridad y salud de los trabajadores es de suma importancia ya que de esta forma todas las actividades se realicen de forma correcta y ayudará no solamente para obtener una mejor productividad, sino que, un mejor beneficio cultural consciente del sentido de prevención que se debe tener en la actividad laboral

5. Conclusiones

El sector bananero desarrolla actividades por lo que los riesgos mecánicos en los puestos de trabajos objeto de estudio se determinó el alto grado de peligrosidad en cada una de las actividades que realizan los trabajadores. Además, el sector bananero desarrolla sus actividades en plantaciones por lo que el terreno es irregular generando riesgos que pueden ocasionar accidentes de trabajo, por lo cual se realizó un diagnóstico y visita de campo identificando las causas y efectos de los factores de riesgos mecánicos en los puestos de trabajo del área de corte y empaque pueden controlar los riesgos estableciendo condiciones adecuadas de trabajo.

Contribución de autores: All authors participated in equal proportions in the different sections of the document.

Financiamiento: The authors fully funded the study. Publication costs were covered by Universidad Estatal de Quevedo.

Conflictos de interés: The authors declare that they have no conflicts of interest.

Referencias

1. Matabanchoy–Salazar, J.M.; Díaz–Bambula, F. Riesgos laborales en trabajadores latinoamericanos del sector agrícola: Una revisión sistemática. *Univ. y Salud* **2021**, *23*, 337–350, doi:10.22267/rus.212303.248.
2. OIT Tendencias Mundiales del Empleo 2014: ¿Hacia una recuperación sin creación de empleos? Available online: <https://www.ilo.org/global/research/global-reports/global-employment-trends/2014/lang--es/index.htm>.
3. Organización Internacional del Trabajo (OIT) Los derechos en el trabajo en la economía rural, trabajo decente en la economía rural notas de orientación de políticas. **2019**.
4. Constitución Política de la República del Ecuador Constitución Política de la República del Ecuador. *Asam. del Ecuador* **2008**, 1–54.

5. Ministerio de trabajo Código del trabajo. *Regist. Of. Supl.* **2016**, 167, 1–99.
6. Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social Reglamento del seguro general de riesgos del trabajo (Resolución C.D. 513). *Iess* **2016**, 53, 1689–1699.
7. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO Manual de seguridad y salud en la Industria Bananera Guía práctica para la gestión del riesgo en las fincas. **2017**, 47.
8. FAO, O. de las N.U. para la A. y la A. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020*; 2020; ISBN 9789251318546.
9. Gea-Izquierdo, E. *Seguridad y Salud en el Trabajo*; Centro de Publicaciones PUCE PP – Centro de Publicaciones PUCE, 2017;
10. Sánchez-Cortez, J.L. Conservation of geoheritage in Ecuador: Situation and perspectives. *Int. J. Geoheritage Park.* **2019**, 7, 91–101, doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2019.06.002>.
11. Esteven Cedeño, A.E. Gestión técnica de riesgos mecánicos en los procesos de corte y empaque en haciendas bananeras de la Provincia de Los Ríos. **2018**, 121.
12. Hernandez Zuñiga, A.; Ramos, N.I.; Fernandez Luna, G. *Seguridad e higiene industrial* /; Editorial Limusa, Noriega Editores, : México : , 1997; ISBN 9681855361.
13. Gootman, S. Incidencia de factores de riesgo mecánico en la accidentabilidad laboral agrícola. Implementación de un plan de prevención aplicando la estrategia de Sobane y Guía Deparis para reducir la accidentabilidad a la que están expuestos los trabajadores, Universidad de Guayaquil, Guayaquil., 2015.
14. Moran, F.; Tomalá, J. Análisis de riesgos en los procesos de corte y empaque del banano que inciden en la accidentabilidad en la Hacienda “Maruja” del grupo Quirola S.A, UNEMI, 2015.
15. Mendoza, J. Diseño de un programa de prevención de riesgos mecánicos para el área de cosecha y post cosecha en una bananera , ubicada en la provincia del Guayas, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, 2021.
16. Gavilanes Montoya, A.V.; Esparza Parra, J.F.; Chávez Velásquez, C.R.; Tito Guanuche, P.E.; Parra Vintimilla, G.M.; Mestanza-Ramón, C.; Vizuite, D.D.C. A Nature Tourism Route through GIS to Improve the Visibility of the Natural Resources of the Altar Volcano, Sangay National Park, Ecuador. *Land* 2021, 10, 884. <https://doi.org/10.3390/land10080884>
17. Mestanza-Ramón, C.; Monar-Núñez, J.; Guala-Alulema, P.; Montenegro-Zambrano, Y.; Herrera-Chávez, R.; Milanes, C.B.; Arguello-Guadalupe, C.; Buñay-Guisñan, P.; Toledo-Villacís, M. A Review to Update the Protected Areas in Ecuador and an Analysis of Their Main Impacts and Conservation Strategies. *Environments* 2023, 10, 79. <https://doi.org/10.3390/environments10050079>
18. Ramón, C. M., Villacís, M. A. T., & García, A. E. C. (2020). Tortugas Charapa un aporte para el turismo comunitario y conservación de la biodiversidad. *Explorador Digital*, 4(1), 55–65.
19. Mestanza-Ramón, C., Anfuso, G., Chica-Ruiz, J. A., Mooser, A., Botero, C. M., & Pranzini, E. (2020). Coastal scenic evaluation of continental Ecuador and Galapagos islands: human impacts and management issues. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(6), 468.
20. Poma, P.; Usca, M.; Polanco, M.; Toulkeridis, T.; Mestanza-Ramón, C. Estimation of Biogas Generated in Two Landfills in South-Central Ecuador. *Atmosphere* 2021, 12, 1365. <https://doi.org/10.3390/atmos12101365>
21. Hidalgo Zambrano, R.V.; Milanes, C.B.; Pérez Montero, O.; Mestanza-Ramón,

- C.; Nexar Bolivar, L.O.; Cobeña Llor, D.; García Flores De Válgaz, R.G.; Cuker, B. A Sustainable Proposal for a Cultural Heritage Declaration in Ecuador: Vernacular Housing of Portoviejo. *Sustainability* 2023, 15, 1115.
<https://doi.org/10.3390/su15021115>
22. Alarcón Borges, R.Y.; Pérez Montero, O.; Tejera, R.G.; Silveira, M.T.D.; Montoya, J.C.; Hernández Mestre, D.; Vazquez, J.M.; Mestanza-Ramon, C.; Hernandez-Guzmán, D.; Milanes, C.B. Legal Risk in the Management of Forest Cover in a River Basin San Juan, Cuba. *Land* 2023, 12, 842.
<https://doi.org/10.3390/land12040842>



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Estrategias de marketing en empresas del sector de la economía popular y solidaria

Emma Yolanda Mendoza Vargas   Jhon Alejandro Boza Valle 
Marco Fernando Villarroel Puma 

Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Av. Quito km, 1 1/2 Vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo 120550, Ecuador

 Correspondencia: emendoza@uteq.edu.ec

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62067>

Resumen: La gestión de las empresas del sector de la Economía Popular y Solidaria tiene una importancia vital para la generación de impactos en la población y sus territorios. El presente trabajo tiene como objetivo brindar una panorámica acerca de la importancia de la implementación de herramientas de marketing en las empresas la Economía Popular y Solidaria para un mejor aprovechamiento del modelo de gestión solidario. Para el desarrollo de esta investigación, se adoptó fundamentalmente un enfoque cualitativo y descriptivo, para brindar una amplia perspectiva sobre la temática escogida, mediante la revisión bibliográfica y el análisis de documentos oficiales de la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria del Ecuador. Entre los principales hallazgos se determinó que las empresas del sector de la economía solidaria no explotan al máximo aún su esencia como modelo económico alternativo, a pesar de que el Estado ecuatoriano les ha otorgado mayor visibilidad, todavía no se les incentiva ni comprende lo suficientemente, entre las principales barreras se encuentran: las dificultades de acceso a los mercados, a medios y recursos productivos, la descoordinación entre el orden jurídico y la acción de las instituciones. El futuro de este sector depende del fortalecimiento institucional y su gestión, para lo cual las estrategias de marketing son clave en este proceso.

Palabras claves: Economía Popular y Solidaria, marketing, comercialización, gestión, desarrollo.



Citation: Mendoza Vargas, E. Y., Boza Valle, J. A., & Villarroel Puma, M. F. (2023). Estrategias de marketing en empresas del sector de la economía popular y solidaria. Green World Journal, 6(2), 67. <https://doi.org/10.53313/gwj62067>

Received: 05/Mar /2023
Accepted: 22/May /2023
Published: 23/May /2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



Marketing strategies in companies of the popular and solidarity economy sector

Abstract: The management of companies in the Popular and Solidarity Economy sector is of vital importance for generating impacts on the population and its territories. The objective of this work is to provide an overview of the importance of implementing marketing tools in companies in the Popular and Solidarity Economy for a better use of the solidarity management model. For the

© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license. Creative Commons Attribution (CC BY). <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

development of this research, a qualitative and descriptive approach was fundamentally adopted, to provide a broad perspective on the chosen theme, through a bibliographic review and the analysis of official documents of the Superintendence of Popular and Solidarity Economy of Ecuador. Among the main findings, it was determined that companies in the solidarity economy sector do not yet fully exploit their essence as an alternative economic model, despite the fact that the Ecuadorian State has given them greater visibility, they are still not sufficiently encouraged or understood. Among the main barriers are: the difficulties of access to markets, means and productive resources, the lack of coordination between the legal order and the action of the institutions. The future of this sector depends on institutional strengthening and its management, for which marketing strategies are key in this process.

Keywords: Popular and solidarity economy, marketing, commercialization, management, development.

1. Introducción

La Economía Popular y Solidaria (EPS) comprende un grupo de emprendimientos vinculados a la asociación de individuos con el fin de producir, transformar y comercializar productos y servicios, mediante la conformación de grupos de personas cuyo propósito en común es mejorar su calidad de vida y el de la comunidad en que viven, creando un nivel de desarrollo territorial y fortaleciendo la gestión de sus pequeñas o medianas empresas [1]

Este tipo de economía tuvo su origen en el siglo XIX, periodo en el que comenzaron a ganar impulso organizaciones asociativas, cooperativas y de crédito y ahorro, las cuales emergieron como respuesta a necesidades de parte de la población. Durante la década del sesenta y setenta, la economía solidaria mostró un considerable crecimiento, tanto en países de Europa como de América Latina, dada la crisis económica existente a nivel internacional. No obstante, se ha establecido que esta economía ya preexistía desde hace muchos años durante los cuales los agricultores se mancomunaban ayudándose mutuamente para la obtención de productos y alimentos que suplieran sus necesidades [1].

En el caso particular de Ecuador, la Economía Popular y Solidaria alcanza su visibilidad y preeminencia alrededor del año 2008, fraguándose en la Carta Magna de Montecristi. Téngase en cuenta que una economía es solidaria al ser un modo de organización económica en la que sus integrantes, tanto individuales como colectivos se constituyen, desarrollan y organizan mediante procesos de intercambio, producción, financiamiento, comercialización y consumo de bienes y servicios, para crear ingresos y satisfacer necesidades, pero basándose en relaciones de reciprocidad, solidaridad y cooperación, haciendo prevalecer al ser humano y su trabajo.

En Por este motivo, este es uno de los aspectos fundamentales contemplados en la Ley Orgánica de la Economía Popular y Solidaria, así como en el Sector Financiero Popular y Solidario (LOEPS), implementado a través del Decreto Ejecutivo anunciado en el Registro Oficial N°444 de 2011 [1].

Es evidente que esta alternativa es indispensable para el desarrollo económico y social del país. Su conocimiento y el fortalecimiento de su manejo y gestión es vital para orientar más efectivamente las políticas públicas que promuevan al sector, así como la gestión interna que se realice al interior de las propias asociaciones, siendo un tema sobre el que no se han desarrollado estudios a profundidad acerca de su funcionamiento y los métodos, vías y estrategias que pueden contribuir al alcance de un mayor desarrollo [2]. El presente trabajo tiene como objetivo brindar una panorámica acerca de la importancia de la implementación de herramientas de marketing en las empresas la Economía Popular y Solidaria del Ecuador, para un mejor aprovechamiento del modelo de gestión solidario.

2. Materiales y métodos

En el presente trabajo se realiza una argumentación sintética y reflexiva en torno a las estrategias de marketing y la relevancia de su implementación en empresas del sector de la Economía Popular y Solidaria. Se adopta para ello un enfoque cualitativo, descriptivo, ofreciendo una perspectiva general acerca del tema escogido mediante la búsqueda, consulta y análisis de información actualizada y disponible en fuentes y publicaciones de valor, particularizando en los elementos que facilitan la interpretación y la conformación de criterios sobre el tema. Lo anterior permite obtener una caracterización y visión global de la temática, resaltando aquellos aspectos que denotan mayor trascendencia, sus tendencias y retos futuros a alcanzar.

Los métodos teóricos empleados son el histórico-lógico, que permitieron determinar las tendencias y el comportamiento de las estrategias de marketing utilizadas en el fortalecimiento de la gestión y cómo podrían articularse en el desarrollo de las empresas del sector de la Economía Popular y Solidaria; el análisis y síntesis, el cual favorece el desarrollo del proceso investigativo; la abstracción-concreción, empleada principalmente para concretar concepciones y aspectos teóricos, por medio de la exploración bibliográfica de información de calidad, así como también la revisión documentos oficiales de la rendición de cuentas de la Superintendencia de la Economía Popular y Solidaria en el 2021.

3. Sustentos teóricos

3.1. Implicaciones del marketing en la economía

La economía y la mercadotecnia tienen una estrecha relación. Por un lado, esta relación se enfoca fundamentalmente en el estudio y valoración del mercado, la estimación de los precios, el análisis de la demanda, la competencia, las inversiones y el crecimiento.

Para conocer las implicaciones del marketing actual, es preciso, en primer lugar, el conocimiento de su concepto, como proceso cuya finalidad es vender y obtener la fidelidad de sus consumidores. Básicamente, las estrategias de marketing se orientan a propiciar que estos elijan el negocio una y otra vez, creando un vínculo de confianza a largo plazo. No obstante, para alcanzar este propósito, las empresas deben conducirles durante el proceso de venta, propiciarles información, etc., hasta la etapa postventa, y este es un factor que distingue al marketing actual del que se realizaba en épocas anteriores [3]. El marketing actual puede ser capaz de satisfacer en mayor medida las necesidades, siempre que se utilicen las estrategias más eficaces, pero con base en el conocimiento.

En la actualidad, el diseño óptimo de estrategias de marketing constituye un compromiso ante la orientación al mercado, el cual es considerado el conjunto de individuos y organizaciones con necesidad de satisfacer un producto o servicio determinado. Hoy en día esta filosofía empresarial reside en la consideración de todos los componentes del mercado, donde no solamente se incluyen los clientes, sino también los distribuidores, la competencia o cualquier agente conexas con las empresas. Por tanto, el propósito de esta orientación es servir de la creación de un valor superior en los bienes y servicios, sobre todo utilizando el llamado mix de herramientas de marketing para lograr los objetivos, lo cual implica diferentes decisiones, ya sea en cuanto a precios, producto, promoción o distribución [3].

Como resultado de la búsqueda y análisis de la información sobre el tema escogido, es necesario destacar los aspectos más relevantes sobre la función y papel del marketing dentro de la economía de mercado [3]. En primer lugar, de acuerdo con este autor, el marketing, permite efectuar la organización de varios procesos como el intercambio competitivo, voluntario y efectivo entre oferta y demanda de productos y servicios. Por otra parte, requiere la organización material para este

intercambio, es decir, los flujos físicos de productos que van desde la producción al consumo. Al mismo tiempo, precisa de flujos informativos para garantizar la eficiencia en la interacción entre oferta y demanda; la distribución, la transformación de material, su funcionamiento y acondicionamiento, la comunicación, necesaria para que el consumidor conozca los productos y servicios, etc.

De igual modo, se requiere organizar un flujo de compradores – productores, determinando las necesidades de los consumidores, las cuales han de utilizarse y repercuten en los procesos productivos o de servicios que lleven a cabo las empresas, donde son significativas las iniciativas de los productores, el uso de herramientas de promoción, gestión, relaciones públicas, entre otras alternativas, y entre las cuales juega un papel determinante el marketing [3].

En este sentido, si bien el marketing es clave para el desarrollo de la comercialización de productos y servicios, para llegar de la manera más eficaz a los consumidores y obtener los resultados deseados, debe reconocerse también la importancia trascendental del mercado como clave para saber a dónde y de qué manera han de enfocarse las estrategias, sabiendo, además, que este mercado está compuesto de clientes reales y potenciales, en fin, la razón de que exista un negocio, pues de estos proceden todos los ingresos [3].

El desarrollo económico local podría definirse como el proceso de evolución y cambio estructural que permite incrementar el bienestar de una localidad, región o población. No obstante, el progreso económico local está conformado también por el dinamismo que ocurre en la economía, la política y la sociedad de determinada área geográfica, y este resulta del comportamiento, las interacciones y acciones de aquellos factores tanto sociales, políticos y económicos que intervienen en los procesos que persiguen el incremento sostenido de la calidad de vida de las personas, empleando los recursos necesarios [4].

Lo importante es conocer cómo generar impactos favorables aprovechando oportunidades externas a través de estrategias de desarrollo bien definidas, y donde el marketing es una herramienta poderosa para tal objetivo [5].

3.2. La importancia de la Economía Popular y Solidaria

En La importancia de la Economía Popular y Solidaria es vital, esta representa alrededor del 25% del mercado, lo que hace posible visibilizar su potencial para el desarrollo. Esta, a su vez, puede promover procesos de integración productiva y social, incorporando para ello mecanismos de gestión eficaces como el marketing, como apuesta segura para el impulso de este importante sector [1].

Por tanto, procurar el desarrollo local puede estar determinado por la búsqueda de un modelo de producción a través del cual las empresas que forman parte del sistema productivo local implementen herramientas que permitan alcanzar este desarrollo. La capacidad organizativa empresarial de una empresa puede adquirir dimensiones invaluable (Rivera & Lemaître, 2016).

Las experiencias de empresas insertadas en la economía solidaria en el mundo son diversas. Por ejemplo, en América Latina y España se han desarrollado empresas cuyas características principales han sido la democracia y la participación colectiva en las decisiones; la equidad en cuanto a las obligaciones y derechos de los participantes; la protección del medio ambiente; la producción de bienes o servicios para satisfacer necesidades centrados todo el tiempo en el análisis y tendencias de mercado, etc [1]. El sector privado y público no aportaron lo suficiente a la creación de infraestructura, existiendo una fuerte dependencia al capital extranjero, por lo que la industrialización poseía un factor externo definitivo que restringía las propuestas nacionales [6].

En 1999, Ecuador resistió un retroceso económico de importancia, durante el cual los precios del petróleo volvieron a caer, se elevaron los niveles de pobreza y desempleo, había una alta concentración de riqueza, el mercado interno era débil, existía una inadecuada administración por parte del Estado, todo lo cual condujo al país a su peor crisis entre los años 1998 y 2000, dando comienzo a la dolarización [6]. De acuerdo con las afirmaciones de estos mismos autores, es entre los años 2013 y 2017 que se promueve en el Plan Nacional del Buen Vivir el apoyo y la promoción de la economía solidaria como una opción al desarrollo económico del país, comenzándose a visibilizar a la economía solidaria como parte integrante del sistema económico ecuatoriano con la difusión de la Constitución de Montecristi del 2008 y la LOEPS.

3.3. El marketing estratégico en el sector solidario

El marketing estratégico y el sector solidario pueden articularse, siendo preciso definir lo que implica esta articulación desde la perspectiva del marketing y el significado del mercado. Esto involucra, en términos de marketing, que el mercado depende de las dinámicas internas y el entorno, de las expectativas y necesidades a satisfacer con las acciones estratégicas, las cuales han de establecerse de acuerdo con los valores, el conocimiento de las organizaciones sociales y solidarias, su realidad económica y el ejercicio integrado de los actores territoriales [7].

Para que cualquier estrategia de marketing sea positiva, se necesita el análisis de varios factores propios del mercado, tanto variables internas como externas, para definir las acciones que satisfagan las necesidades del territorio, con el fin de elevar la calidad de vida de quienes lo integran, de crear una visión conjunta e integradora de los actores territoriales y de solucionar las necesidades identificadas [7].

Para establecer estrategias de marketing en empresas de la economía solidaria han de considerarse, además, elementos que involucren el marketing mix, lo cual proporcionará beneficios en los procesos productivos trabajados al interior del territorio, en la comercialización, en la integración de factores de calidad, promocionales, por citar algunos, los que permitirán a la comunidad entenderlos y conocerlos, manejar precios competitivos frente al mercado e instaurar espacios físicos para desarrollar acciones comerciales, integrar alternativas orientadas al cambio tecnológico, permitiendo la ampliación del ingreso económico [3].

Para ello es necesario alterar antiguas tradiciones, pensamientos y modos de diseñar e implementar procesos, pues la tendencia hoy en día se dirige al aprovechamiento oportuno de muchos de los factores antes mencionados, todos relacionados al marketing, como vía para la apertura a nuevos mercados, oportunidades, ganancia para la comunidad y para la integración de herramientas tecnológicas como bases estratégicas [8].

3.4. Retos futuros

Según lo expresado por [9], a pesar de los argumentos anteriores, es claro que, desde el punto de vista teórico existen contradicciones al conceptualizar y debatir acerca de la economía solidaria; fortalecer este sector tomando en cuenta sus necesidades y realidades ha de permitir su sostenibilidad a largo plazo. De acuerdo con el mencionado autor, de ocurrir lo contrario, existe el riesgo de solo convertirse en discurso político sin resultados prácticos. No solo deben financiarse con recursos económicos estatales aquellos emprendimientos populares y solidarios ni implementarse políticas estructurales, sino que debería fortalecerse el desarrollo de estas empresas al interior de las mismas, mejorando su capacidad de gestión y manejo, es decir, que el impulso

de las asociaciones pertenecientes al sector no solo cuente con el apoyo e impulso externo, sino también interno.

Mediante la presente investigación se reconoció la existencia de barreras para el acceso a los mercados, a medios y recursos productivos, existe descoordinación entre el orden jurídico y la acción de las instituciones, la legislación no promueve a representantes del cooperativismo, centrándose fundamentalmente en el control y regulación, las políticas públicas de la EPS conservan debilidades, lo que, unido a otros factores, ha provocado problemas estructurales en la EPS. Por tanto, el futuro de este sector depende del fortalecimiento institucional de la EPS [9].

Las empresas de la economía solidaria pueden insertar perfectamente estrategias de marketing, si conocen que, para tener éxito, es útil considerar la realización de estudios de mercado, prestar atención al cliente objetivo, a la competencia, tendencias, establecer las ventajas que los consumidores desean obtener, el precio, la diferencia comparada a los productos o servicios de la competencia, establecer precios óptimos, costes menores que la competencia, realizar una correcta distribución, crear marcas, implementar acciones sustentadas en estrategias de marketing y fines comunes, etc [8].

Sus beneficios son innegables, por un lado, pueden brindar al negocio una dirección y enfoque a través de la identificación de mejores oportunidades y amenazas; pueden determinarse las herramientas que la empresa puede manejar para enfrentar la competencia y conquistar cuotas de mercado; permite ganar en reputación y notoriedad, entre otros factores que usualmente las empresas de economía social y solidaria suelen olvidar [7].

Autores como [7] opinan que el público objetivo de las empresas de Economía Popular y Solidaria es distinto y poco conocido. Pero esta razón debe ser un elemento que impulse a estas organizaciones a conquistar a nuevos horizontes y modos de atraerlos. La Economía Social y Solidaria se ha determinado como una alternativa viable para alcanzar los objetivos del desarrollo local, creando organizaciones que despliegan acciones productivas, incorporando la dimensión social en este desarrollo local, promoviendo la transformación de la estructura productiva, desde el aprovechamiento de los recursos locales como fortaleza para el desarrollo.

Muchas empresas se cuestionan los resultados de sus estrategias sin pensar en lo que deben modificar o mejorar, y el sector solidario es uno de los que cada día se enfrenta a desafíos en su entorno, impredecibles, que ocasiona afectaciones en su actividad, aspecto que debería ser el punto de partida para la reestructuración de su gestión [7].

La EPS puede contribuir firmemente a los objetivos de producción y, al hacerlo, transformarse a sí misma; reduciendo la intermediación y financiamiento, incorporar tecnologías que multipliquen su productividad social; ganar en escala mediante la compactación de los pequeños emprendimientos y el impulso a la asociación y la cooperación a nivel meso económico, asegurar sistemas de representación basados en la responsabilidad de todos [10].

4. Resultados

La Economía Popular y Solidaria, es un sistema económico-político alternativo ha presentado en América Latina, resultados e interioridades que distan mucho de los obtenidos en Europa. Los proyectos no han conseguido similar desarrollo, las políticas públicas no han sido definidas a partir de análisis y diagnósticos eficientes. Por tanto, este sector, en Ecuador, no ha logrado una promoción práctica necesaria. En este sentido, se considera que las empresas pertenecientes al sector de la

Economía Popular y Solidaria no han promovido su verdadera esencia como modelo económico alternativo. El Estado les ha otorgado mayor visibilidad en los últimos tiempos, pero no les ha incentivado ni comprendido suficientemente.

En el caso particular de Ecuador, la Economía Popular y Solidaria alcanza su visibilidad y preeminencia alrededor del año 2008, fraguándose en la Carta Magna de Montecristi. La Superintendencia de Economía Popular y Solidaria (SEPS), es el organismo técnico de supervisión y control de las entidades del sector Financiero Popular y Solidario, y de las organizaciones de la Economía Popular y Solidaria del Ecuador que, en el ámbito de su competencia, promueve su sostenibilidad y correcto funcionamiento para proteger a sus socios.

En la actualidad, la SEPS, cumple sus funciones mediante la Planificación Estratégica 2022 – 2025, encaminada a consolidar a esta Superintendencia como referente de la aplicación de las mejores prácticas de fortalecimiento, supervisión y control de la EPS a nivel nacional e internacional, favoreciendo la estabilidad, confianza, integración y sostenibilidad de las entidades y organizaciones que la componen.

La SEPS ejecuta acciones significativas y de gran proyección que, mediante procesos técnicos, no sólo agregan valor, sino que favorecen efectivamente, tanto a los sectores controlados como a la economía del país; en el ámbito de su competencia, este organismo de control aporta, desde la gestión de la información, la regulación y el control, a la consolidación de los principios de inclusión social sostenible, transparencia, gobernabilidad, inclusión financiera, capacitación y estrategias de autocontrol.

Vale preguntarse por qué las estrategias de marketing son clave para las empresas de la economía solidaria. En primer lugar, es necesario recordar que las tendencias del marketing en la actualidad se orientan a la mercadotecnia centrada en las personas, a un mayor nivel de personalización, a contenidos generados por los propios consumidores, a la publicidad programática, entre otras tendencias.

La importancia de las estrategias de marketing reside en que estas empresas pueden proveer mejores productos y servicios, pero sin la aplicación de estas estrategias, los clientes potenciales no podrán conocer lo ofrecido y las ventas declinan hasta provocar la desaparición del negocio. De este modo, es totalmente fundamental ocuparse de las claves que determinen una buena estrategia de marketing.

No obstante, las organizaciones de la economía solidaria se enfrentan a situaciones inesperadas que influyen en la realización de proyectos y programas, lo que afecta a la población vulnerable, unido a los avances tecnológicos, leyes de gobierno, entre otros aspectos, lo cual trae consigo que el contexto en el que se desempeña cada organización sea cambiante y dinámico, muchas veces como consecuencia de la insuficiente planeación y práctica de estrategias, minimizando el impacto en el desempeño.

Por este motivo, desde el punto de vista del desarrollo del territorio, depende de cómo y qué estrategias se apliquen, qué estrategias de segmentación del mercado van a emplearse, si va a considerarse la personalización y la innovación como ejes esenciales para el desarrollo, y así generar mejoras en los procesos productivos y de servicios en el interior del territorio, creando nuevos vínculos de comercialización, facilidades de acceso a los bienes y servicios ofrecidos, etc.

En realidad, estas son algunas de las razones por las que debe trabajarse en la capacitación conveniente tanto de productores como de los diferentes actores del territorio con el propósito de optimizar las posibilidades de desarrollo de las empresas de la economía solidaria en el mercado, donde el uso de la tecnología sea clave y la creación de vínculos estrechos y de confianza entre productores y consumidores.

Por otra parte, para comprender la necesidad de articular el marketing con las empresas de la Economía solidaria y su gestión con el fin de incrementar el desarrollo económico local, es preciso señalar algunos otros aspectos. Por ejemplo, tal como ha mencionado por la Comisión Económica para América Latina (CEPAL), la economía solidaria ha incidido notablemente en el aumento de la competitividad, en el desarrollo sostenible y en el aseguramiento de la inclusividad en los procesos de crecimiento económico y social (Figura 1).

El cambio estratégico es la vía que permite a las organizaciones adaptarse a cambios sociales, competitivos y tecnológicos sin poner en riesgo su existencia. Una empresa que sea estratégica puede generar un gran impacto mediante sus acciones en cualquier territorio, reformando la organización, insertando en ese enfoque a sus empleados, sus activos y procesos.

A continuación, se analizan algunos aspectos importantes sobre las generalidades de la Economía Popular y Solidaria a nivel nacional. Para lo cual se ha tomado como base la rendición de cuentas del año 2021, de la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria

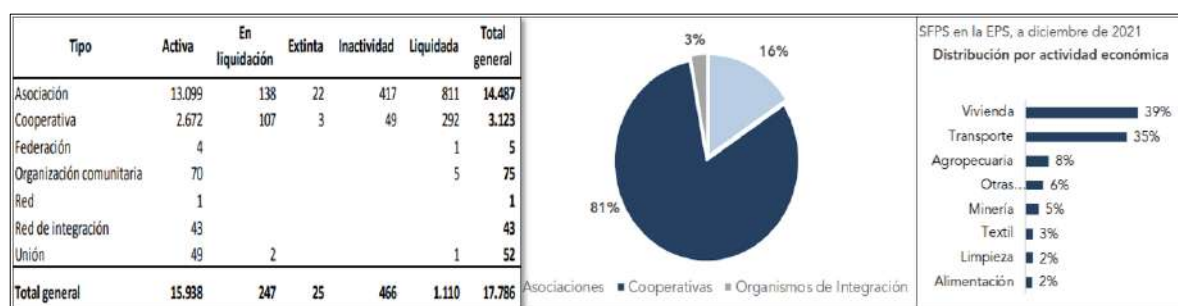


Figura 1. Generalidades de la economía popular y solidaria [11].

El 81% de organizaciones de este sector son asociaciones, entre las que se desarrollan actividades de consumo, producción y servicios, el 17,6% son cooperativas y el 1% restante está representado por los demás tipos de organizaciones (véase figura 2).

De acuerdo con la información de la figura 1, el 89,61% de las organizaciones, se encuentran activas. La mayoría de las organizaciones, están agrupadas en asociaciones, como un mecanismo de cooperación entre emprendedores y emprendimiento, pese a esto cada participante mantiene su independencia y autonomía, pero participa voluntariamente en un esfuerzo conjunto con lo otros participantes en búsqueda de lograr un objetivo en común, en un nivel muy distante, se encuentran las cooperativas, que tienen el mismo espíritu de las asociaciones en lo que a logro de objetivos se refiere, pero requieren que los participantes deban estar bajo la administración y gestión que los socios acuerden.

En cuanto al sector al que pertenecen las empresas EPS, se puede observar de más del 1/3 pertenecen a un sector muy importante de la economía como lo es la vivienda y muy seguido de este rubro se encuentra la actividad del transporte público terrestre, cuyas actividades se ejecutan a

través cooperativas, para el transporte público de personas en buses Inter cantonales e interprovinciales, así como también de taxis, para el transporte privado de personas; convirtiéndose en un importante sector de la economía nacional (Figura 2).

De las 17.786 organizaciones pertenecientes a la Economía Popular y Solidaria, se han contabilizado un total 512 Cooperativas de Ahorro y Crédito y mutualistas a nivel nacional.

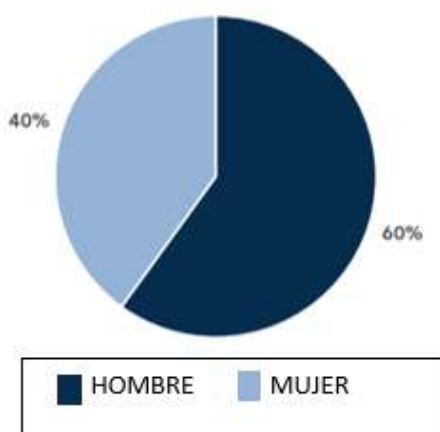


Figura 2: Participación de hombres vs mujeres en la Economía Popular y Solidaria [11].

La figura 3 evidencia una marcada presencia y participación de mujeres en el sector de la Economía Popular y Solidaria, frente a la de los hombres.

La transversalización de género es reconocida como una estrategia global a favor de la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres mediante la integración sistemática de la perspectiva de género en las políticas, programas, funciones o estructuras de una institución. Esto requiere que las mujeres del sector EPS, eleven la concienciación hacia la importancia de sí mismas, desarrollo una alta autoestima, amplíen sus opciones de acceso y control de los recursos, para dar un paso definitivo hacia la extinción de la discriminación y la desigualdad de género.

Para conseguir esto, las mujeres deben estar empoderadas, no solo de capacidades tales como educación y salud e igual acceso a los recursos y oportunidades tales como tierra y empleo, sino que también; deben poder usar esos derechos, capacidades, recursos y oportunidades para optar y tomar decisiones estratégicas, como las que brindan las posiciones de liderazgo y participación en instituciones políticas.

Lo descrito guarda completa concordancia con el compromiso del Ecuador con la igualdad de género y la inclusión financiera de las mujeres: Agenda 2030. A partir de la adopción de tratados internacionales de derechos humanos y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas. El cumplimiento de este compromiso ha generado mecanismos específicos que permiten el desarrollo de políticas públicas en la materia de igualdad de género y la inclusión financiera de las mujeres.

5. Conclusiones

La Economía Popular y Solidaria ha adquirido preeminencia en los últimos años, especialmente en épocas de crisis. Ecuador ha implementado diferentes modelos de desarrollo económico desde

su República, optando posteriormente por la economía solidaria como forma de organización para satisfacer necesidades y procurar el desarrollo de los territorios.

No obstante, las empresas pertenecientes a este sector no han logrado aun el impulso necesario. Una de las opciones más eficaces sería el aprovechamiento de estrategias de marketing para la mejora de su gestión, pues este es el modo en que las organizaciones, los diferentes actores solidarios, las comunidades y hasta el estado puedan desarrollar mejores procesos, encontrar y promover nuevas oportunidades de mercado, mejorar la calidad vida y alcanzar mejores resultados a partir de las acciones.

Trabajar estratégicamente en el contexto del cooperativismo y de la economía solidaria es imprescindible para la búsqueda de mejores maneras de gestionar los recursos, potenciar conocimientos, crear una visión que admita identificar las necesidades y generar cambios, etc.

Todas las empresas del sector podrían convertirse en transformadoras de la economía, donde el enfoque sea la población, el fortalecimiento del entorno, el aprovechamiento eficiente de los recursos, el mejoramiento de la competitividad, el beneficio, y esto pudiera lograrse con acciones estratégicas y colaborativas sólidas y sostenibles. Para que el sector solidario logre adaptarse al marketing estratégico han de diseñarse nuevas estructuras conformes al marketing, para formular estrategias que admitan el análisis de la realidad del territorio, pero también es fundamental que se modifique la dinámica y gestión interna de las empresas, sustentado especialmente en un enfoque estratégico.

Author contributions:: All authors participated in equal proportions in the different sections of the document.

Funding: The authors fully funded the study. Publication costs were covered by Universidad Estatal de Quevedo.

Conflict of interest: The authors declare that they have no conflicts of interest.

Referencias

1. Rivera, M.J.R.; Lemaître, A. Economía solidaria en el Ecuador: institucionalización y tipos de organizaciones. *Ciências Sociais Unisinos* **2016**, *52*, 282–298.
2. Peñafiel, N.T.; López, P.E.F.; Alemán, A.A. Balance de la economía popular y solidaria en Ecuador. *Econ. Desarro.* **2017**, *158*, 180–196.
3. Mendivelso Carrillo, H.; Lobos Robles, F. La evolución del marketing: una aproximación integral. **2019**.
4. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) Perspectivas económicas de América Latina 2021: avanzando juntos hacia una mejor recuperación Available online: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47518-perspectivas-economicas-america-latina-2021-avanzando-juntos-mejor-recuperacion>.
5. DEMUCA Fundación para el Desarrollo Local y el Fortalecimiento Municipal e Institucional de Centroamérica y El Caribe. Available online: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.cepal.org/sites/default/files/guia_herramientas_municipales_demuca.pdf.
6. Saltos Cruz, J.G.; Mayorga Díaz, M.P.; Ruso Armada, F. La economía popular y solidaria:: un estudio exploratorio del sistema en Ecuador con enfoque de control y fiscalización. *Cofin Habana* **2016**, *10*, 55–75.
7. Álvarez-Indacochea, A.A.; Figueroa-Soledispa, M.L.; Peñafiel-Loor, J.F. La

- importancia de la mercadotecnia y sus componentes en las organizaciones. *Rev. Científica FIPCAEC (Fomento la Investig. y publicación científico-técnica Multidiscip. ISSN 2588-090X. Polo Capacit. Investig. y Publicación* **2020**, 5, 62–87.
8. Rodríguez, J.M.; Varas, M.A.; Espinoza, L.G. La economía popular y solidaria: Un medio para reducir la vulnerabilidad socioeconómica. *Rev. Multi-Ensayos* **2021**, 7, 15–27.
 9. Zamora-Boza, C. La importancia del emprendimiento en la economía: el caso de Ecuador. *Espacios* **2018**, 39, 15.
 10. Boza, J. & M. Contribución al diagnóstico y diseño de estrategias para el fortalecimiento de la Economía Popular y Solidaria en Ecuador: Caso cantón Quevedo. **2020**.
 11. Aguirre-Vélez, S., & Mestanza-Ramón, C. (2022). Indicadores de sostenibilidad turística enfocados al turismo comunitario: Caso de estudio Comunidad Kichwa “Shayari”, Sucumbíos-Ecuador. *Green World Journal*, 5(2), 017. <https://doi.org/10.53313/gwj51017>
 12. Mestanza-Ramón, C., D’Orio, G., & Straface, S. (2021). Gold mining in Ecuador: Innovative recommendations for the management and remediation of mercury-contaminated waters. *Green World Journal*, 4(2), 11. <https://doi.org/10.53313/gwj42028>
 13. Sanchez-Capa, M., Viteri-Sanchez, S., Burbano-Cachiguango, A., Abril-Donoso, M., Vargas-Tierras, T., Suarez-Cedillo, S., & Mestanza-Ramón, C. (2022). New Characteristics in the Fermentation Process of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) “Super Árbol” in La Joya de los Sachas, Ecuador. In *Sustainability* (Vol. 14, Issue 13). <https://doi.org/10.3390/su14137564>
 14. Carlos Mestanza, A. M. (2018). ENVIRONMENTAL IMPACTS OF TOURISM IN CUYABENO WILDLIFE RESERVE, ECUADOR. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES & RESEARCH TECHNOLOGY*, 7(5), 312.
 16. Gavilanes Montoya, A.V.; Esparza Parra, J.F.; Chávez Velásquez, C.R.; Tito Guanuche, P.E.; Parra Vintimilla, G.M.; Mestanza-Ramón, C.; Vizuite, D.D.C. A Nature Tourism Route through GIS to Improve the Visibility of the Natural Resources of the Altar Volcano, Sangay National Park, Ecuador. *Land* **2021**, 10, 884. <https://doi.org/10.3390/land10080884>
 17. Mestanza-Ramón, C.; Monar-Nuñez, J.; Guala-Alulema, P.; Montenegro-Zambrano, Y.; Herrera-Chávez, R.; Milanes, C.B.; Arguello-Guadalupe, C.; Buñay-Guisñan, P.; Toledo-Villacís, M. A Review to Update the Protected Areas in Ecuador and an Analysis of Their Main Impacts and Conservation Strategies. *Environments* **2023**, 10, 79. <https://doi.org/10.3390/environments10050079>
 18. Ramón, C. M., Villacís, M. A. T., & García, A. E. C. (2020). Tortugas Charapa un aporte para el turismo comunitario y conservación de la biodiversidad. *Explorador Digital*, 4(1), 55–65.
 19. Mestanza-Ramón, C., Anfuso, G., Chica-Ruiz, J. A., Mooser, A., Botero, C. M., & Pranzini, E. (2020). Coastal scenic evaluation of continental Ecuador and Galapagos islands: human impacts and management issues. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(6), 468.
 20. Poma, P.; Usca, M.; Polanco, M.; Toulkeridis, T.; Mestanza-Ramón, C. Estimation of Biogas Generated in Two Landfills in South-Central Ecuador. *Atmosphere* **2021**, 12, 1365. <https://doi.org/10.3390/atmos12101365>
 21. Hidalgo Zambrano, R.V.; Milanes, C.B.; Pérez Montero, O.; Mestanza-Ramón, C.; Nexar Bolivar, L.O.; Cobaña Llor, D.; García Flores De Válgaz, R.G.; Cuker,

- B. A Sustainable Proposal for a Cultural Heritage Declaration in Ecuador: Vernacular Housing of Portoviejo. *Sustainability* 2023, 15, 1115.
<https://doi.org/10.3390/su15021115>
22. Alarcón Borges, R.Y.; Pérez Montero, O.; Tejera, R.G.; Silveira, M.T.D.; Montoya, J.C.; Hernández Mestre, D.; Vazquez, J.M.; Mestanza-Ramon, C.; Hernandez-Guzmán, D.; Milanes, C.B. Legal Risk in the Management of Forest Cover in a River Basin San Juan, Cuba. *Land* 2023, 12, 842.
<https://doi.org/10.3390/land12040842>



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Efecto del Cambio climático en ecosistemas terrestres y marinos

Estefanía Segarra-Jiménez ¹   Demmy Mora-Silva ¹ 

¹ Grupo de Investigación YASUNI-SDC, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, Riobamba EC-220001, Ecuador

 Correspondencia: estefania.segarra@esPOCH.edu.ec  +593 99 497 8908

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj062068>

Resumen: Se predice que los efectos adversos del cambio climático aumentarán exponencialmente, dependiendo del nivel de cambio climático que finalmente ocurra. Por lo tanto, existe la necesidad de una acción internacional basada en los derechos humanos para abordar el cambio climático. Ante esto, es presente documento tuvo por objetivo analizar los efectos cambio climático, sobre los ecosistemas terrestres y marinos. Para responde a estos objetivos se realizó una revisión bibliográfica. Los resultados del análisis son preocupantes, la tierra se está calentando y a un ritmo constante. En cuestión, el aumento de los gases de efecto invernadero de origen humano, con las consecuencias de las crisis sanitaria, ecológica y humanitaria de las que vemos los inicios. A pesar de ello, la lucha contra el cambio climático es una oportunidad real de transición hacia una sociedad baja en carbono, generando empleo, innovación y justicia social a nivel local e internacional.

Palabras claves: Efectos del cambio climático, Diversidad biológica, ecosistemas, medio marino, medio terrestres.

Climate change, sustainability and natural protected areas

Abstract: The adverse effects of climate change are predicted to increase exponentially, depending on the level of climate change that eventually occurs. Therefore, there is a need for international action based on human rights to address climate change. In view of this, this paper aimed to analyze the effects of climate change on terrestrial and marine ecosystems. In order to respond to these objectives, a literature review was carried out. The results of the analysis are worrying, the earth is warming at a constant rate. At issue is the increase of greenhouse gases of human origin, with the consequences of the health, ecological and humanitarian crises of which we see the beginnings. Despite this, the fight against climate change is a real opportunity to transition to a low-carbon society, generating employment, innovation and social justice at the local and international level.

Keywords: Effects of climate change, biological diversity, ecosystems, marine environment, terrestrial environment.



Cite: Segarra-Jiménez, E., & Mora-Silva, D. (2023). Efecto del Cambio climático en ecosistemas terrestres y marinos. Green World Journal, 6(2), 68.

<https://doi.org/10.53313/gwj062068>

Received: 12/Apr/2023

Accepted: 28/Jun/2023

Published: 10/Jul/2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license. Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

1. Introducción

El clima en la Tierra siempre ha variado. Hace 100 millones de años, los dinosaurios vivían en un clima tropical, mientras que hace casi 15.000 años, este mismo paisaje estaba cubierto de hielo. El cambio climático es el cambio en el tipo de tiempo o clima promedio durante un período de tiempo. El cambio se manifiesta más claramente en un aumento o disminución de la temperatura promedio, cambios en la circulación atmosférica y el ciclo del agua y, en consecuencia, la cobertura de nubes y la cantidad de precipitación en la Tierra [1,2]. Estos cambios afectan a su vez a la formación de desiertos, al tamaño de los casquetes polares y glaciares, a las corrientes marinas, al nivel del mar, al grado de acidez del agua marina. A lo largo de la historia de la Tierra, ha experimentado cambios climáticos. Estos cambios climáticos estaban hasta ahora asociados a fenómenos naturales. El cambio climático actual es más la consecuencia de las actividades humanas, y lo ha sido desde la década de 1950 [3].

El problema del cambio climático no es aislado. Una perturbación general del clima puede intensificar los problemas ya existentes y crear otros nuevos. Por lo tanto, el cambio climático está en el corazón de un sistema en el que cada interrupción en un sector puede interactuar con otro y crear reacciones en cadena [4,5]. Las consecuencias del cambio climático no tendrán la misma magnitud en todas partes. Pero una cosa es segura: las poblaciones ya vulnerables en los países en desarrollo sufrirán los mayores efectos: a) Incremento de fenómenos climáticos extremos (tormentas, sequías, lluvias intensas, etc.); b) Inestabilidad de las estaciones, que tiene, entre otras, consecuencias para la agricultura, la fauna y la flora y genera riesgos para la salud pública; c) Aumento del nivel del mar que representa una amenaza para millones de personas que viven cerca de la costa; d) Derretimiento masivo de los glaciares, que en particular pone en peligro el suministro de agua de muchas personas [5,6].

En su informe, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) confirma incuestionablemente que el cambio climático es una realidad y que las emisiones de gases de efecto invernadero son la causa principal [7]. Los efectos adversos del cambio climático incluyen la frecuencia cada vez mayor de fenómenos meteorológicos extremos y desastres naturales, aumento del nivel del mar, inundaciones, olas de calor, sequías, desertificación, escasez de agua y propagación de enfermedades tropicales y transmitidas por vectores. Estos fenómenos amenazan directa e indirectamente el ejercicio pleno y efectivo de muchos derechos humanos en todo el mundo, en particular los derechos a la vida, al agua potable y al saneamiento, a la alimentación, a la salud, a la vivienda, a la libre determinación, a la cultura, a la Resolución 41/21 del Consejo de Derechos Humanos [8].

Los efectos negativos del cambio climático afectan a más personas y comunidades que ya se encuentran en situaciones de desventaja debido, entre otras cosas, a la geografía, la pobreza, el género, la edad, la discapacidad, el origen cultural o étnico, y que históricamente son los que menos han contribuido a las emisiones de gases de efecto invernadero [9,10]. Específicamente, las personas, comunidades e incluso estados que ocupan y dependen de tierras costeras bajas, tundra ártica y hielo, tierras

secas y otros ecosistemas frágiles y territorios en riesgo para sus hogares y medios de subsistencia son los más amenazados por el cambio climático. Con estos antecedentes, el presente estudio tuvo por objetivo analizar los efectos cambio climático, sobre los ecosistemas terrestres y marinos. Para responde a estos objetivos se realizó una revisión bibliográfica.

2. Efectos del cambio climático en ecosistemas terrestres y marinos

Al modificar los equilibrios naturales (temperaturas, ciclo del agua, corrientes marinas y de aire, etc.), el cambio climático es responsable de importantes perturbaciones. Entre las consecuencias más inmediatas: el aumento de la frecuencia, duración e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos (inundaciones, tormentas, ciclones, sequías e incendios forestales, olas de calor, etc.) [10,11]. También son perceptibles otros fenómenos de evolución más lenta: el derretimiento de los hielos y la subida del nivel del mar, la erosión progresiva de las costas, la desertificación, la escasez de recursos, la convulsión de los ecosistemas y la desaparición de determinadas especies. Estos impactos pueden ser muy diferentes de una región a otra, pero estos fenómenos climáticos afectan a todo el planeta y se intensificarán en las próximas décadas [12].

El cambio climático no se detiene en nuestros mares. El uso y el equilibrio ecológico de los mares y también nuestro Mar del Norte y Mar Báltico se ven afectados de muchas maneras. En última instancia, esto pone en peligro la base vital de la existencia humana. Hay propuestas para contrarrestar el cambio climático a través de intervenciones a gran escala en los procesos ecológicos marinos y terrestres globales [13,14].

2.1 Ecosistemas Marinos

Impactos del cambio climático en los ecosistemas marinos. – Bajo cambio climático uno entiende el calentamiento global de la atmósfera como resultado del aumento del contenido de CO₂ de la atmósfera (efecto invernadero). Tan amenazante como el aumento de la temperatura es el acidificación como consecuencia de la disolución directa de CO₂ en aguas superficiales. Con la entrada de CO₂ a la atmósfera, el hombre ha desencadenado procesos que, presumiblemente, tendrán un impacto negativo en el estado de los océanos durante miles de años. Algunos de los efectos ya se pueden observar hoy, como el aumento del nivel del mar, el calentamiento de las aguas superficiales y la acidificación del agua de mar. Lo que es nuevo aquí es la dimensión global de los cambios que, junto con los océanos y sus recursos naturales, también amenazan bases importantes de la existencia humana. Entre otras cosas, los mares son fuente de alimento y las costas son zonas de asentamiento de muchas personas [15,16].

Sobre todo, el aumento de la temperatura ya ha provocado cambios en la presencia de especies y, por tanto, cambios en los ecosistemas marinos. Tanto las poblaciones en sí como su distribución, tanto las especies de peces de importancia comercial como las que no se utilizan comercialmente, cambiarán de manera impredecible. Las poblaciones que ya están sobreexplotadas podrían reaccionar con mayor sensibilidad y plantear

dificultades aún mayores que antes para la ordenación pesquera futura. Puede ser necesario un cese temporal de la pesca de determinadas especies objetivo [17,18].

Ya es previsible a día de hoy que los corales y otros organismos calcáreos se vean afectados negativamente por la acidificación y el aumento de la temperatura. Una compleja interacción de influencias humanas, incluido el aumento del dióxido de carbono en la atmósfera, amenaza los arrecifes de coral [15]. En los próximos años se puede esperar un aumento en el nivel del mar incluso si las emisiones de CO₂ se reducen drásticamente de inmediato. Con el aumento de la frecuencia y la fuerza de las tormentas, los hábitats y los medios de subsistencia de muchos residentes costeros, especialmente en las regiones más pobres como resultado de las inundaciones, las marejadas ciclónicas y el aumento del nivel del mar, pueden verse amenazados [17,19].

El cambio climático se refleja en particular en el calentamiento global, el aumento del nivel del mar y la acidificación de los océanos [20]. Los efectos negativos ya son evidentes hoy, por ejemplo, para los ecosistemas marinos como los arrecifes de coral, para la pesca, la estabilidad del permafrost o el derretimiento de los glaciares. Debemos contrarrestar estos desarrollos de manera efectiva con amplias medidas para proteger el clima y al mismo tiempo adaptarnos a las consecuencias inevitables del cambio climático. Para hacer esto, debemos tomar las medidas necesarias para proteger el clima y cambiar a una forma de vida y de negocios respetuosa con el clima. Para lograrlo, la ciencia tiene un papel fundamental que desempeñar [21,22].

2.2 Ecosistemas terrestres

Entre los efectos más evidentes se resalta lo siguiente; Se estima que el 80% de los desastres naturales ocurridos entre 1990 y 2016 están vinculados al cambio climático. Entre 2015 y 2020 los impactos del cambio climático aumentaron en más de un 20%, y estos cinco años fueron los más calurosos registrados. En 2020, los quince mayores desastres naturales costaron más de 120 mil millones. El número de personas desplazadas por desastres naturales aumentó un 30 % entre 2014 y 2019 (19,1 millones frente a 24,8 millones) [23,24].

Aunque el cambio climático es una realidad para todo el planeta, no todos los países sufren las mismas consecuencias y no disponen de los mismos medios para prevenirlo. Deterioro de los medios de subsistencia, aumento del hambre, desplazamientos forzados: si bien son los menos responsables del cambio climático, son las poblaciones más pobres y vulnerables las primeras víctimas. El cambio climático contribuye a aumentar las desigualdades. La escasez de recursos naturales, como el agua, y el aumento de los fenómenos meteorológicos extremos (ciclones, incendios, sequías) exacerban la inestabilidad en muchas regiones y agravan el riesgo de conflicto [25,26].

El cambio climático, principales factores del desplazamiento interno. Los desastres por el cambio climático son el principal impulsor del desplazamiento interno en el mundo, antes que los terremotos o los conflictos. Las personas que viven en países pobres tienen cinco veces más probabilidades de ser desplazadas por desastres relacionados con el clima que las que viven en países ricos [21,27]. Estos han obligado a más de 20

millones de personas al año a abandonar sus hogares durante la última década. Una amenaza para la seguridad alimentaria. Al ritmo actual, el calentamiento global podría conducir a la caída de los rendimientos agrícolas en muchas partes del mundo. El cambio climático ya está teniendo un impacto muy fuerte en los medios de vida de un gran número de productores agrícolas en los países pobres, exponiéndolos así a una mayor hambruna y pobreza [28,29]. Por otro lado, cuando aumentan las sequías o las inundaciones, la pérdida de cosechas provoca un aumento en los precios de los alimentos, lo que dificulta aún más el acceso a los alimentos para miles de personas. Entre 2010 y 2020, el precio de los alimentos básicos (arroz, maíz, trigo) se ha duplicado, la mitad de este incremento es atribuible al cambio climático [30,31].

La mitad más pobre de la población mundial solo es responsable del 10% de las emisiones de CO₂, mientras que el 10% más rico del planeta por sí solo genera el 50% de estas emisiones. Es probable que el número de personas hambrientas aumente entre un 10 % y un 20 % para 2050 debido al cambio climático. Sin una acción climática ambiciosa, 100 millones de personas podrían verse empujadas a la pobreza extrema para 2030 [32,33].

3. Soluciones contra el cambio climático

El cambio climático es un problema global que debe abordarse en todos los frentes: a nivel colectivo, ya sea a nivel local, nacional o internacional, pero también a nivel individual [34]. Ante estas perturbaciones climáticas, existen soluciones, comenzando por la imperiosa necesidad de controlar las emisiones de gases de efecto invernadero. La responsabilidad de los Estados en este ámbito –así como de las empresas, cuya actividad debe ser regulada– es inmensa [12,35].

Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. – Si las emisiones de gases de efecto invernadero continúan evolucionando al ritmo actual, el aumento de la temperatura media de la Tierra podría alcanzar los 5 °C en 2100 (o incluso los 7 °C en los escenarios más pesimistas), con consecuencias dramáticas para los ecosistemas y una intensificación de los fenómenos climáticos extremos. Según expertos del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) *, es necesario limitar este incremento a 1,5°C, umbral a partir del cual el riesgo de presenciar un cambio climático catastrófico será mucho mayor [25,36].

Fortalecer las capacidades adaptativas de las poblaciones vulnerables. – No podemos dejar solas a millones de personas frente a las consecuencias de una crisis climática planetaria de la que no son los principales iniciadores [37]. Frente al peligro climático, los países ricos, históricamente en el origen de este cambio climático global, tienen una doble responsabilidad: actuar para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero y ayudar a las poblaciones más vulnerables a adaptarse a los impactos ya devastadores del cambio climático, proporcionándoles una ayuda financiera más sustancial, pero también permitiéndoles desarrollarse limitando sus propias emisiones de gases de efecto invernadero [38,39].

El Acuerdo de París: el balance preocupante de un compromiso histórico. – El primer acuerdo universal para combatir el cambio climático, el Acuerdo de París, fue adoptado en diciembre de 2015 por 192 Estados que se comprometieron a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero para mantener el aumento de la temperatura global por debajo de +1,5 °C para finales de siglo [40,41]. Desafortunadamente, este acuerdo aún no se implementa. Muy pocos Estados han implementado hasta ahora medidas suficientes para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, mientras que estas han aumentado en promedio un 1,5% cada año durante los últimos 10 años. Los países ricos también luchan por movilizar la financiación necesaria para ayudar a los países en desarrollo a adaptarse a los efectos del cambio climático, a pesar del compromiso asumido hace más de 10 años de dedicarle 100.000 millones de dólares al año ahora hasta 2020 [20,42].

3. Conclusión

El cambio climático está teniendo un impacto cada vez más negativo en los ecosistemas marinos. Por ejemplo, las especies que aman el calor migran hacia el sur del Mar del Norte, mientras que las especies que dependen de aguas más frías se mudan al norte. Los ecosistemas marinos amortiguan los cambios en diversos grados, por lo que la preservación de ciertos ecosistemas puede ayudar a reducir los efectos negativos.

Respecto al tema del cambio climático y sus efectos a los ecosistemas terrestres y marinos es evidente y necesario movilizarse a través de un fuerte compromiso cívico. Ya sea participando en las acciones de los grupos locales, apoyando en diferentes campañas, grandes eventos o simplemente mostrando interés en construir un mundo más justo, sostenible y solidario, todos los ciudadanos pueden hacer oír su voz. Todos también pueden hacer su parte a diario, para limitar su huella de carbono y trabajar hacia la transición ecológica. Esto implica, por ejemplo, favorecer los alimentos locales, reducir nuestro consumo de carne y productos lácteos, favorecer modos de transporte con poca o ninguna emisión de CO₂ o consumir energías más sobrias y “verdes”. El tiempo se acaba hoy. El planeta ya se está sobrecalentando. Si es imposible detener el cambio climático, por otro lado, es posible frenar sus efectos devastadores, siempre que nos movilizemos, juntos, ahora.

Contribución de autores: Los autores contribuyeron en todos los apartados.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Autoridad Nacional del Agua-ANA *Protocolo De Monitoreo De La Calidad De Los Recursos Hidricos Autoridad Nacional Del Agua*; Perú, 2011; pp. 1–34;.
2. Lipper, L.; Dutilly-Diane, C.; McCarthy, N. Supplying Carbon Sequestration From West African Rangelands: Opportunities and Barriers. *Rangel. Ecol. Manag.* **2010**, *63*, 155–166, doi:<https://doi.org/10.2111/REM-D-09-00009.1>.
3. Cuesta, F.; Peralvo, M.; Valarezo, N. *Los Bosques Montanos de los Andes Tropicales*; 2009; ISBN 978-9942-9966-0-2.
4. Sol, Á.; López, S.; Córdova, V.; Gallardo, F. Productividad potencial del SAF cacao

- asociado con árboles forestales. *Rev. Iberoam. Bioeconomía y Cambio Climático* **2018**, 4, 862–877.
5. Sol-Sánchez, Á.; López-Juárez, S.A.; Córdova-Ávalos, V.; Gallardo-López, F. Productividad potencial del SAF cacao asociado con árboles forestales. *Rev. Iberoam. Bioeconomía y Cambio Climático* **2018**, 4, 862–877.
 6. IDEAM Cambio Climático.
 7. Sánchez-García, D.; Rubio-Bellido, C.; Marrero-Meléndez, M.; Guevara-García, F.J.; Canivell, J. El control adaptativo en instalaciones existentes y su potencial en el contexto del cambio climático. *Hábitat Sustentable* **2017**, 6–17.
 8. Díaz Caravantes, R.E. Vulnerabilidad y riesgo como conceptos indisociables para el estudio del impacto del cambio climático en la salud. *Región y Soc.* **2018**, 30.
 9. Vistin Guamantaquí, D.A.; Muñoz Jácome, E.A.; Ati Cutiupala, G.M.A.C. Monitoreo del Herbazal del páramo una estrategia de medición del cambio climático en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. *Cienc. Digit.* **2020**, 4, 32–47, doi:10.33262/cienciadigital.v4i2.1195.
 10. Martínez, M.; Viguera, B.; Donnati, C.; Harvey, C.; Alpízar, F. *Cómo enfrentar el cambio climático desde la agricultura: Prácticas de Adaptación basadas en Ecosistemas (AbE)*; Proyecto CASCADA, 2017;
 11. Molina, M.; Sarukhán, J.; Carabias, J. *El cambio climático: causas, efectos y soluciones*; Fondo de Cultura Económica, 2017; ISBN 6071650771.
 12. Pawlaczyk, A.; Szyrkowska-Jóźwik, M.I.B.T.–R.M. in B.S. Environmental and health laws, Europe. In: Elsevier, 2022 ISBN 978-0-12-801238-3.
 13. Branco, V.V.; Cardoso, P. An expert-based assessment of global threats and conservation measures for spiders. *Glob. Ecol. Conserv.* **2020**, 24, e01290, doi:https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01290.
 14. Singh, S.; Vikram, P.; Sehgal, D.; Burgueño, J.; Sharma, A.; Singh, S.K.; Sansaloni, C.P.; Joynson, R.; Brabbs, T.; Ortiz, C.; et al. Harnessing genetic potential of wheat germplasm banks through impact-oriented-prebreeding for future food and nutritional security. *Sci. Rep.* **2018**, 8, 12527, doi:10.1038/s41598-018-30667-4.
 15. Hanson, J.; Ellis, H.R. Progress and Challenges in Ex Situ Conservation of Forage Germplasm: Grasses, Herbaceous Legumes and Fodder Trees. *Plants* **2020**, 9.
 16. Githiru, M.; Njambuya, J.W. *Globalization and Biodiversity Conservation Problems: Polycentric REDD+ Solutions*; Zougmore, R.B., Ed.; 3rd ed.; New York, 2019; Vol. 8; ISBN 2073-445X.
 17. Maestro, M.; Pérez-Cayeiro, M.L.; Chica-Ruiz, J.A.; Reyes, H. Marine protected areas in the 21st century: Current situation and trends. *Ocean Coast. Manag.* **2019**, 171, 28–36, doi:https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.01.008.
 18. Leclère, D.; Obersteiner, M.; Barrett, M.; Butchart, S.H.M.; Chaudhary, A.; De Palma, A.; DeClerck, F.A.J.; Di Marco, M.; Doelman, J.C.; Dürauer, M.; et al. Bending the curve of terrestrial biodiversity needs an integrated strategy. *Nature* **2020**, 585, 551–556, doi:10.1038/s41586-020-2705-y.
 19. Montero, O.P.; Batista, C.M. Social perception of coastal risk in the face of hurricanes in the southeastern region of Cuba. *Ocean Coast. Manag.* **2020**, 184, 105010, doi:https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.105010.
 20. Llambí, L.D.; Rada, F. Ecological research in the tropical alpine ecosystems of the Venezuelan páramo: past, present and future. *Plant Ecol. Divers.* **2019**, 12, 519–538, doi:10.1080/17550874.2019.1680762.
 21. Carrero, R.; Navas, F.; Malvárez, G.; Cáceres, F. Participative Future Scenarios for Integrated Coastal Zone Management. *J. Coast. Res.* **2013**, 898–903, doi:10.2112/SI65-152.1.
 22. Amiri, A.; Emami, N.; Ottelin, J.; Sorvari, J.; Marteinsson, B.; Heinonen, J.; Junnila, S. Embodied emissions of buildings – A forgotten factor in green building certificates. *Energy Build.* **2021**, 241, 110962, doi:10.1016/j.enbuild.2021.110962.
 23. Alarcón Borges, R.Y.; Pérez Montero, O.; Tejera, R.G.; Silveira, M.T.; Montoya, J.C.; Hernández Mestre, D.; Vazquez, J.M.; Mestanza-Ramon, C.; Hernandez-Guzmán, D.;

- Milanes, C.B. Legal Risk in the Management of Forest Cover in a River Basin San Juan, Cuba. *Land* **2023**, *12*.
24. Hale, R.; Jacques, R.O.; Tolhurst, T.J. Determining How Functionally Diverse Intertidal Sediment Species Preserve Mudflat Ecosystem Properties After Abrupt Biodiversity Loss. *J. Coast. Res.* **2019**, *35*, 389–396, doi:10.2112/JCOASTRES-D-17-00197.1.
 25. Dagar, J.C.; Tewari, V.P. Evolution of Agroforestry as a Modern Science BT – Agroforestry: Anecdotal to Modern Science. In: Dagar, J.C., Tewari, V.P., Eds.; Springer Singapore: Singapore, 2017; pp. 13–90 ISBN 978–981–10–7650–3.
 26. Lin, B.; Ge, J. Carbon sinks and output of China's forestry sector: An ecological economic development perspective. *Sci. Total Environ.* **2019**, *655*, 1169–1180, doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.219.
 27. Eastwood, N.; Stubbings, W.A.; Abou-Elwafa Abdallah, M.A.; Durance, I.; Paavola, J.; Dallimer, M.; Pantel, J.H.; Johnson, S.; Zhou, J.; Hosking, J.S.; et al. The Time Machine framework: monitoring and prediction of biodiversity loss. *Trends Ecol. Evol.* **2021**, doi:https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.09.008.
 28. Sanchez-Capa, M.; Viteri-Sanchez, S.; Burbano-Cachiguango, A.; Abril-Donoso, M.; Vargas-Tierras, T.; Suarez-Cedillo, S.; Mestanza-Ramón, C. New Characteristics in the Fermentation Process of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) “Super Árbol” in La Joya de los Sachas, Ecuador. *Sustain.* **2022**, *14*.
 29. Mestanza-Ramón, C.; Cunalata-García, Á.E.; Jiménez-Gutiérrez, M.Y.; Chacha-Bolaños, A.N. Disposición a pagar por el ingreso a zonas de uso público en el Parque Turístico “Nueva Loja”, Sucumbíos-Ecuador. *Polo del Conoc.* **2019**, *4*, 67–82.
 30. Ding, P. Tropical Fruits. In: Thomas, B., Murray, B.G., Murphy, D.J.B.T.–E. of A.P.S. (Second E., Eds.; Academic Press: Oxford, 2017; pp. 431–434 ISBN 978–0–12–394808–3.
 31. Jaiswal, K.K.; Chowdhury, C.R.; Yadav, D.; Verma, R.; Dutta, S.; Jaiswal, K.S.; Sangmesh B; Karuppasamy, K.S.K. Renewable and sustainable clean energy development and impact on social, economic, and environmental health. *Energy Nexus* **2022**, *7*, 100118, doi:https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100118.
 32. Ramon, C.M.; Capa, M.S.; Garcia, A.C.; Gutierrez, M.J.; Villacís, M.T.; Velasco, A.A. Community Tourism In Ecuador: A Special Case In The Rio Indillama Community, Yasuni National Park. *Int. J. Eng. Res. Technol.* **2019**, *08*, 5.
 33. Sánchez Capa, M.; Mestanza-Ramón, C.; Sánchez Capa, I. Perspectiva de conservación del suelo en la Amazonía ecuatoriana. *Green World J.* **2020**, *3*, 009, doi:https://www.greenworldjournal.com/doi-022-wgj-2020.
 34. Raihan, A.; Muhtasim, D.A.; Farhana, S.; Pavel, M.I.; Faruk, O.; Rahman, M.; Mahmood, A. Nexus between carbon emissions, economic growth, renewable energy use, urbanization, industrialization, technological innovation, and forest area towards achieving environmental sustainability in Bangladesh. *Energy Clim. Chang.* **2022**, 100080, doi:https://doi.org/10.1016/j.egycc.2022.100080.
 35. Kleemann, J.; Koo, H.; Hensen, I.; Mendieta-Leiva, G.; Kahnt, B.; Kurze, C.; Inclán, D.J.; Cuenca, P.; Noh, J.K.; Hoffmann, M.H.; et al. Priorities of action and research for the protection of biodiversity and ecosystem services in continental Ecuador. *Biol. Conserv.* **2022**, *265*, 109404, doi:https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109404.
 36. Brown, P.; Daigneault, A.J.; Tjernström, E.; Zou, W. Natural disasters, social protection, and risk perceptions. *World Dev.* **2018**, *104*, 310–325, doi:https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.12.002.
 37. Hashimoto, S. Temperature sensitivity of soil CO₂ production in a tropical hill evergreen forest in northern Thailand. *J. For. Res.* **2005**, *10*, 497–503, doi:10.1007/s10310-005-0168-5.
 38. Kolawole, O.D.; Hambira, W.L.; Gondo, R. Agrotourism as peripheral and ultraperipheral community livelihoods diversification strategy: Insights from the Okavango Delta, Botswana. *J. Arid Environ.* **2023**, *212*, 104960, doi:https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2023.104960.
 39. Yu, X. Biodiversity conservation in China: barriers and future actions. *Int. J. Environ. Stud.*

- 2010, 67, 117–126, doi:10.1080/00207231003683457.
40. Bettinger, P.; Boston, K.; Siry, J.P.; Grebner, D.L. Chapter 15 – Forest Certification and Carbon Sequestration. In: Bettinger, P., Boston, K., Siry, J.P., Grebner, D.L.B.T.–F.M. and P. (Second E., Eds.; Academic Press, 2017; pp. 291–305 ISBN 978–0–12–809476–1.
41. Hutchinson, J.J.; Campbell, C.A.; Desjardins, R.L. Some perspectives on carbon sequestration in agriculture. *Agric. For. Meteorol.* **2007**, 142, 288–302, doi:https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.03.030.
42. Moghal, Z.; O’Connell, E. Multiple stressors impacting a small island tourism destination–community: A nested vulnerability assessment of Oistins, Barbados. *Tour. Manag. Perspect.* **2018**, 26, 78–88, doi:https://doi.org/10.1016/j.tmp.2018.03.004.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

La responsabilidad social de las empresas en la prevención de riesgos laborales y su impacto en la productividad

Almenaba Guerrero Yuli Fernanda ¹   Almenaba Guerrero Patricia Yajaira ² 

¹ Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, EC-230110, Santo Domingo, Ecuador

² Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, EC-080701, La Concordia, Ecuador

 Correspondencia: yulialmenaba@tsachila.edu.ec  + 593 983 697 784

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62069>

Resumen: La problemática surge debido a la falta de comprensión de cómo la RSE y las políticas de seguridad laboral pueden afectar la eficiencia y rendimiento de las empresas. El objetivo principal de este estudio es explorar y elucidar esta relación y destacar su importancia en el contexto empresarial moderno. Para alcanzar este objetivo, se adoptó una metodología de revisión bibliográfica de naturaleza cualitativa, explorando literatura relevante y examinando estudios previos que abordaron este tema. La revisión se centró en tres áreas principales: la comprensión de la RSE y su interpretación, la importancia de la prevención de riesgos laborales dentro de la RSE, y las prácticas actuales de las empresas en términos de prevención de riesgos laborales. Los resultados destacan que la implementación eficaz de la prevención de riesgos laborales no solo es esencial para la RSE, sino que también puede ofrecer beneficios tangibles a las empresas en términos de mejora de la productividad. En conclusión, este estudio subraya la importancia de la RSE y la prevención de riesgos laborales para la productividad de las empresas.

Palabras claves: Seguridad, Prevención, Productividad, Riesgos laborales.

Corporate social responsibility in the prevention of occupational hazards and its impact on productivity

Abstract: The problem arises due to the lack of understanding of how CSR and workplace safety policies can affect the efficiency and performance of companies. The main objective of this study is to explore and elucidate this relationship and highlight its importance in the modern business context. To achieve this objective, a literature review methodology of a qualitative nature was adopted, exploring relevant literature and examining previous studies that addressed this topic. The review focused on three main areas: the understanding of CSR and its interpretation, the importance of occupational risk prevention within CSR, and the current practices of companies in terms of occupational risk prevention. The results



Cita: Almenaba Guerrero, Y. F., & Almenaba Guerrero, P. Y. (2023). La responsabilidad social de las empresas en la prevención de riesgos laborales y su impacto en la productividad. Green World Journal, 6(2), 69.
<https://doi.org/10.53313/gwj62069>

Received: 02/Mar/2023
Accepted: 19/May/2023
Published: 23/May/2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.
Creative Commons Attribution (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

highlight that effective implementation of occupational risk prevention is not only essential for CSR, but can also offer tangible benefits to companies in terms of improved productivity. In conclusion, this study underlines the importance of CSR and occupational risk prevention for the productivity of companies.

Keywords: Safety, Prevention, Productivity, Labor Risks.

1. Introducción

En la actualidad, las empresas enfrentan el desafío de la seguridad y salud en el trabajo, aspectos fundamentales en la gestión y sostenibilidad de los negocios. El problema de los riesgos laborales representa una amenaza significativa tanto para los trabajadores como para las organizaciones, las lesiones, enfermedades y fatalidades en el trabajo pueden causar una pérdida considerable de productividad, aumentar los costos operativos y deteriorar la reputación de la empresa [1]. Estos impactos generan problemas dentro de las líneas y planes de trabajo, con esto también la disminución o inconvenientes en el desenvolvimiento por parte del capital humano, que se puede ver afectado, se ve reducido pudiendo generar malestar dentro del equipo de trabajo y la parte empresarial por falta de control y tratamiento de estas situaciones.

La realidad empresarial evidencia que los riesgos laborales están determinados por múltiples factores, como la falta de una cultura de prevención, la negligencia o la inadecuada aplicación de medidas de seguridad. Estos elementos, en conjunto, pueden llevar a accidentes laborales, estrés laboral, enfermedades ocupacionales y, en el peor de los casos, a la muerte de los trabajadores [2]. Estas situaciones resultan en ausentismo laboral, baja moral y disminución de la eficiencia, lo cual afecta directamente la productividad de las empresas.

La responsabilidad social empresarial (RSE) juega un papel crucial en la prevención de riesgos laborales, pues implica un compromiso ético y legal de las organizaciones para garantizar condiciones de trabajo seguras y saludables. La implementación de prácticas de RSE en la gestión de riesgos laborales puede tener un efecto positivo en la reducción de accidentes y enfermedades ocupacionales, así como en la mejora de la productividad y el clima laboral [3]. La viabilidad de este enfoque radica en su capacidad para integrar las medidas de prevención de riesgos en las estrategias y operaciones cotidianas de las empresas a fin de reducir los espacios de riesgo que existen en las diferentes partes de la organización, teniendo en cuenta desde los elementos operativos hasta los administrativos que, si bien son niveles de control diferentes, se relacionan y pueden existir estas eventualidades.

El objetivo de este estudio es analizar la responsabilidad social de las empresas en la prevención de riesgos laborales y su impacto en la productividad. Para ello, se investigarán las mejores prácticas de RSE en la gestión de riesgos laborales, se examinarán los beneficios y desafíos de su implementación, y se identificarán las estrategias más efectivas para su integración en las operaciones empresariales. A través de este enfoque, se espera proporcionar un marco útil para las empresas que buscan mejorar su seguridad y salud en el trabajo, así como su productividad y sostenibilidad [4]. Produciendo mejores situaciones y ambiente laboral al tener los trabajadores la conciencia de responsabilidad tanto por parte de estos como de la empresa en caso de riesgo o accidentes, generando una cultura de trabajo de mayor eficiencia y resultados.

Resolviendo que la responsabilidad social de las empresas en la prevención de riesgos laborales no sólo es un imperativo ético y legal, sino también una estrategia inteligente de negocio. Las empresas que implementan eficazmente estas prácticas pueden lograr una mayor productividad, una mejor reputación y una mayor sostenibilidad en el largo plazo. El desafío es fomentar una cultura de prevención y seguridad en el trabajo que sea integral, participativa y orientada a la mejora continua [1]. Mejora que entre las partes participantes se destaca en los procesos y la mejora de

resultados, cambios en la cultura de los empleados y de la empresa que al en conjunto generan mayores beneficios y adicional una imagen positiva de la empresa en la comunidad.

2. Materiales y métodos

A través de un enfoque cualitativo, el cual se plantea mediante la búsqueda de entender los distintos fenómenos sociales desde la perspectiva de los participantes, que para este caso se plantea como objetivo es entender cómo las empresas conceptualizan y aplican su responsabilidad social en términos de prevención de riesgos laborales, y cómo creen que esto impacta en su productividad. Que, desarrollado mediante un diseño de investigación descriptivo e interpretativo, donde en lugar de probar hipótesis preestablecidas, se pretende describir y analizar el fenómeno en cuestión, es decir, la prevención de riesgos laborales como parte de la responsabilidad social de las empresas, y su relación con la productividad. A continuación, en la figura 1 se presenta un registro del número de documentos publicados mediante Scopus.

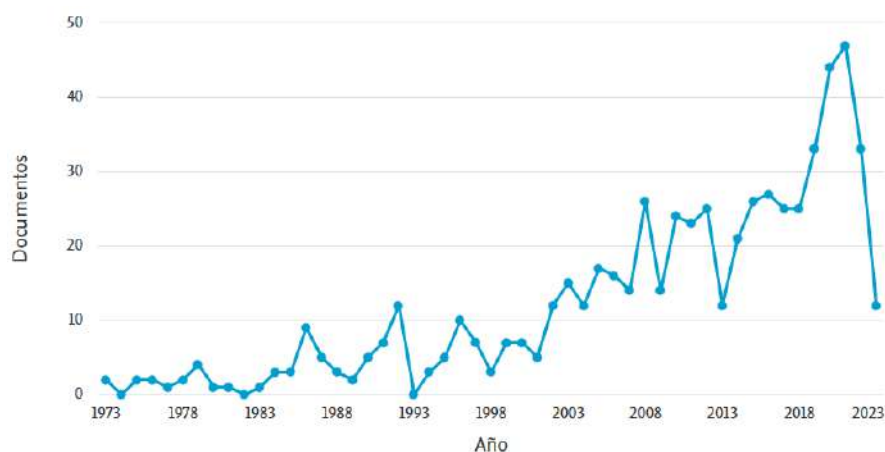


Figura 1. Documentos por año

En base a la figura 1 se logra identificar que entre los años 2017 y 2021 existieron un incremento paulatino de los estudios realizados y publicados, sobre todo a partir de 2020 donde se registra un mayor salto en la cantidad de publicaciones. En esto influyen diferentes factores dentro de la empresas y sociedad. De esta forma se identifica el interés que existe por el estudio de las empresas y la responsabilidad en cuanto al control de riesgos en lo laboral y como se manejan los planes y acciones de prevención. Por otro lado, en la figura 2 se registraron los países de mayor aportación científica documental, en este caso de registros en relación al tema tratado.

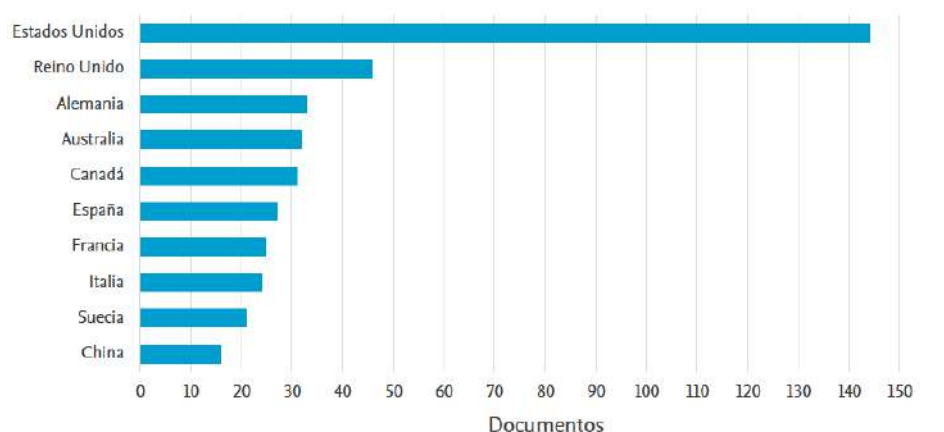


Figura 2. Número de publicaciones por país

Sabiendo que se registra un alto interés por el tema y lo relacionado con la seguridad en el ámbito laboral y la prevención de riesgos, en la figura 2 se detallan los países en orden de acuerdo

al número de publicaciones realizadas en relación a estos temas. Identificando que en la región norteamericana si bien hay un fuerte número de documentos, la región europea mantiene un numero alto de países y escritos que se han registrado en la figura. De este modo logrando entender que existe el interés en diferentes partes del mundo por el estudio y revisión de los casos y elementos que se relacionan con el tema a tratar en este documento. En cuanto a las áreas que se estudian, se presenta en la figura 3 los diferentes puntos que se tienen en cuenta al momento de la investigación y como estas se relacionan.

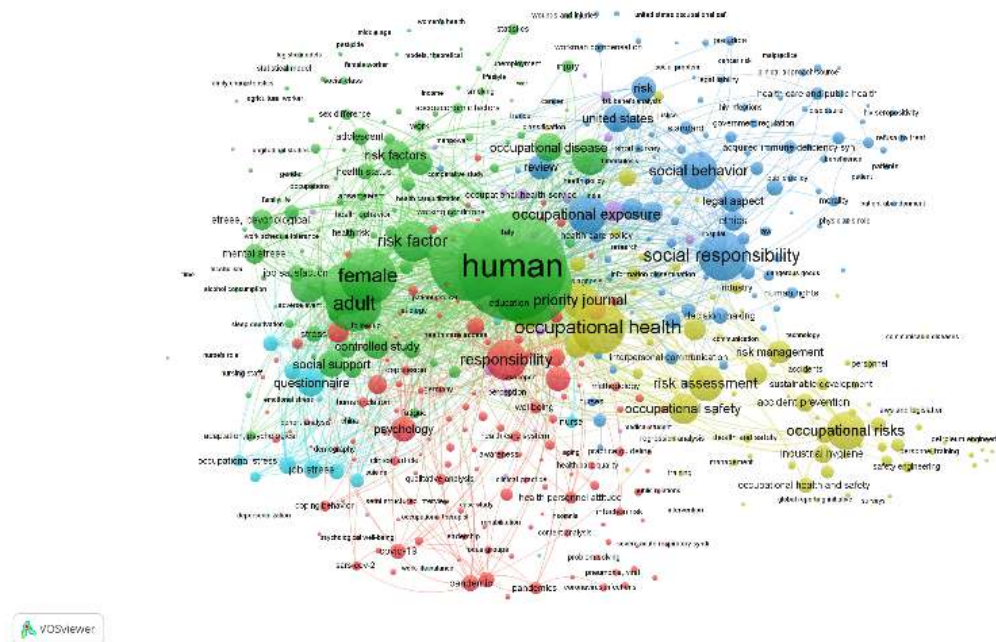


Figura 3. Mapeo palabras clave

Teniendo en consideración las diferentes áreas de estudio en relación a la prevención de riesgos laborales, en la figura 3 se presentan los diferentes elementos que se tienen en cuenta en los estudios que se han realizado y como guardan relación entre sí. Criterios como: humano, responsabilidad social, factores de riesgos, son algunos de los temas que se manejan y consideran para establecer parámetros de estudio y reconociendo el número de elementos presentados se correlaciona con la figura 1 y 2, donde se refleja de igual forma una cantidad alta de documentos registrados.

1.2 Métodos

Esto se llevará a cabo un estudio bibliográfico, que se realiza a través de la revisión de literatura existente, lo que permite recopilar y analizar la información que ya se ha publicado sobre el tema en cuestión. Esta revisión incluirá trabajos académicos, informes y otro tipo de documentos que traten el tema de interés. En coherencia con el tipo de estudio, el método principal será la revisión bibliográfica, donde se realizará un análisis crítico y detallado de la literatura existente con el fin de comprender los hallazgos y debates actuales sobre la responsabilidad social de las empresas, la prevención de riesgos laborales y su impacto en la productividad. El alcance de este estudio es amplio, ya que se revisará literatura de varias disciplinas y de diversos contextos geográficos y sectoriales. Permitiendo así obtener una visión global y multidisciplinaria del tema, capturando la diversidad de enfoques y experiencias en diferentes empresas y sectores.

2. Resultados

2.1 Comprensión de la responsabilidad social empresarial

2.1.1 Interpretaciones de la responsabilidad social empresarial

La responsabilidad social empresarial (RSE) se interpreta comúnmente como la obligación de las empresas de actuar de manera ética y contribuir al desarrollo económico, al mismo tiempo que mejoran la calidad de vida de sus empleados y sus familias, la comunidad local y la sociedad en general [4]. En esta perspectiva, la RSE no es sólo un compromiso ético, sino también una estrategia que puede generar valor y beneficios a largo plazo para las empresas [5]. Estas estrategias que mediante los planes o proyectos direccionan los diferentes departamentos hacia los objetivos de la institución.

A partir de esto las empresas se establecen manuales y criterios adicionales y propios de acuerdo a las necesidades que se presentan en sus áreas, esto adicional de los criterios que se tienen vigentes en diferentes políticas de seguridad y calidad dentro de normativas nacionales e internacionales. De esta forma las empresas tienen la medida para la generación de criterios adicionales y establecerlos dentro de los documentos institucionales para que los empleados realicen las labores de sus cargos en relación con estas reglas y lineamientos de sus cargos.

2.1.2 Importancia de la prevención de riesgos laborales dentro de la responsabilidad social empresarial

La prevención de riesgos laborales es un aspecto esencial de la RSE, mediante esta se proporciona a los empleados un ambiente de trabajo seguro y saludable, el cual es uno de los deberes más básicos y directos que las empresas tienen con sus miembros [6]. Además, el plantear la prevención de riesgos laborales puede mejorar la motivación y satisfacción de los empleados, reducir el ausentismo por problemas de salud o daños y aumentar la productividad al percibir una mejor relación en el área de trabajo, lo que a su vez puede contribuir al rendimiento y la reputación de la empresa [7].

2.1.3 Prácticas actuales de las empresas en términos de prevención de riesgos laborales

Las empresas actualmente adoptan diversas prácticas para prevenir riesgos laborales, que pueden incluir la implementación de políticas y procedimientos de seguridad, la formación de los empleados en seguridad y salud laboral, la realización de inspecciones y auditorías de seguridad, y la inversión en equipos y tecnologías de seguridad [8]. Sin embargo, la efectividad de estas prácticas puede variar dependiendo de factores como el compromiso y la cultura de seguridad de la empresa, el sector y el tipo de riesgos laborales presentes [9].

El control de estos factores es crucial dentro de la ejecución de los planes o las prácticas de prevención así como dentro de la planificación tener en consideración de la existencia de variaciones y cambios que se producen en el entorno, entorno que se limitara dependiendo a las políticas de trabajo de la empresa siendo por departamentos, empleados o bajo distintos criterios que posibilitaran establecer las estrategias acordes a las necesidades y eventos posibles de cada contexto, a raíz de esto también se realizaran los seguimientos y modificaciones correspondientes a los datos que se extraigan de los controles o de la retroalimentación de la actividad.

2.2 Impacto de la prevención de riesgos laborales en la productividad

2.2.1 Efectos directos de la prevención de riesgos laborales en la productividad

La prevención de riesgos laborales tiene efectos directos significativos en la productividad. Al reducir la incidencia de lesiones y enfermedades en el trabajo, las empresas pueden disminuir las ausencias y las interrupciones de la producción, y mantener altos niveles de rendimiento y eficiencia [7]. Además, un entorno de trabajo seguro y saludable puede mejorar la moral y la motivación de los empleados, lo que puede aumentar su compromiso y rendimiento [9].

Teniendo en cuenta los diversos efectos que producen dentro de la productividad, se desarrollan medidas y establecen mecanismos para identificar cuáles son las afectaciones en las áreas que se producen y con aquellas que se relacionan, en la tabla 1 se reflejan algunos puntos de control y valoración de impacto que producen en diferentes áreas de trabajo dentro de la empresa y de elementos propios a las misma, así como dentro de la RSE que se contemplan en las actividades y en la seguridad de los miembros de la empresa y de los diferentes eventos que se podrían dar en esta.

Variable	Formas comunes de determinar el valor económico
Administración de seguridad y salud	Salarios durante el tiempo invertido en Seguridad y Salud en el Trabajo
Pérdida de tiempo de trabajo	Cuentas de los servicios externos y del equipamiento
Daños en los equipos	Costo total de los salarios
Tiempo invertido en actividades de SST	Costo de reparación y precio de mercado de nuevo equipo
Productividad	Total del monto de los salarios generados por dicho tiempo
Calidad	Valor total de unidades adicionales producidas
	Valor de los productos perdidos
	Valor del tiempo invertido para recuperar la calidad
	Garantías
	Costos médicos
Muerte de trabajadores y lesiones	Indemnizaciones
	Efectos sobre las primas de seguros
	Disposición a pagar y aceptar
Salud de los trabajadores y satisfacción laboral	No existe método
Imagen de la compañía	No existe método

Tabla 1 Métodos de valoración económica [10]

En la tabla 1 se visualiza que algunos de los impactos dentro de la productividad son bajo el valor de las unidades adicionales producidas, teniendo en cuenta al trabajador que estaba en esa tarea, así también se presentan algunas que se relacionan en los procesos y que pueden llegar a tratarse de igual forma en las variables de daños en los equipos, tiempo por actividades, en la calidad, por parte de la salud y satisfacción del capital humano y de la imagen que se presenta de la empresa ante la sociedad y comunidad que se relaciona directa e indirectamente con la misma, teniendo en cuenta a los diferentes elementos que participan en la RSE en las actividades de las empresas.

2.2.2 Relaciones indirectas entre la prevención de riesgos laborales y la productividad

Existen también relaciones indirectas entre la prevención de riesgos laborales y la productividad. Por ejemplo, las buenas prácticas de seguridad pueden mejorar la reputación de las empresas y fortalecer sus relaciones con los empleados, los clientes y otros stakeholders, lo que puede tener beneficios a largo plazo para la productividad [5]. Además, la prevención de riesgos laborales puede reducir los costos asociados con las lesiones y enfermedades en el trabajo, como los costos de atención médica y compensación [8].

Con esto, la relación indirecta entre la prevención de riesgos laborales y la productividad parece estar respaldada por una sólida evidencia. Las buenas prácticas de seguridad en el lugar de trabajo pueden mejorar la reputación de la empresa y fortalecer las relaciones con los stakeholders, lo que puede tener beneficios a largo plazo para la productividad. Además, la prevención de riesgos laborales puede reducir los costos asociados con lesiones y enfermedades, lo que también puede tener un impacto positivo en la productividad a largo plazo. Por lo tanto, las empresas deberían considerar seriamente la implementación de medidas preventivas para garantizar la seguridad y el bienestar de sus empleados, así como para mejorar su productividad y rentabilidad a largo plazo.

2.2.3 Experiencias y percepciones de las empresas respecto al impacto de la prevención de riesgos laborales en la productividad

Las experiencias y percepciones de las empresas respecto al impacto de la prevención de riesgos laborales en la productividad varían, pero en general reconocen su importancia. Muchas empresas han observado mejoras en la productividad después de implementar medidas de seguridad más efectivas [4]. Sin embargo, también se reconoce que la prevención de riesgos laborales puede requerir inversiones significativas y puede presentar desafíos, especialmente para las pequeñas y medianas empresas [6]. Las empresas tienen diferentes experiencias y percepciones sobre el impacto de la prevención de riesgos laborales en la productividad, aunque reconocen su importancia, es un tema complejo y multifacético.

Mientras que muchas empresas han observado mejoras en la productividad después de implementar medidas de seguridad más efectivas, también se reconoce que la prevención de riesgos laborales puede requerir inversiones significativas y presentar desafíos, especialmente para las pequeñas y medianas empresas. Por lo tanto, es importante que las empresas consideren cuidadosamente los costos y beneficios de la implementación de medidas preventivas, y busquen apoyo y recursos para superar los desafíos que puedan surgir en los diferentes escenarios que pueden o no ser considerados.

2.3 Estrategias de prevención de riesgos laborales

2.3.1 Estrategias de prevención más utilizadas y su eficacia percibida

Las estrategias de prevención de riesgos laborales más utilizadas incluyen la implementación de políticas y procedimientos de seguridad, la capacitación de los empleados, la realización de inspecciones regulares de seguridad, y la inversión en tecnología y equipos de seguridad [8]. La percepción de su eficacia varía, pero en general, se considera que una combinación de estas estrategias puede ser efectiva para reducir los riesgos laborales [7]. Aunque la eficacia de estas estrategias varía según el tipo de industria y los riesgos específicos asociados con las tareas, en general, se considera que una combinación de estas estrategias puede ser efectiva para reducir los riesgos laborales.

Es importante destacar que la implementación de estas estrategias no es suficiente por sí sola, ya que es necesario que se realice una gestión eficaz y constante de la seguridad en el lugar de trabajo. Además, es de remarcar que las empresas evalúen regularmente su enfoque de prevención de riesgos laborales y realicen ajustes para asegurarse de que estén implementando las estrategias

más efectivas. Al hacerlo, las empresas pueden mejorar la seguridad en el lugar de trabajo, reducir los riesgos laborales y mejorar la productividad a largo plazo, en relación y desarrollo con los miembros de la empresa.

2.3.2 Barreras y facilitadores para la implementación de estrategias de prevención de riesgos laborales

Existen varias barreras y facilitadores para la implementación de estrategias de prevención de riesgos laborales. Las barreras pueden incluir la falta de recursos y conocimientos, la resistencia de los empleados, y la presión por la producción [9]. Los facilitadores pueden incluir el compromiso de la dirección, la participación de los empleados, y una cultura de seguridad fuerte [5]. Si los empleados están involucrados en la implementación de estrategias preventivas, pueden sentirse más comprometidos con la seguridad en el lugar de trabajo y pueden estar más dispuestos a aceptar la responsabilidad personal por su propia seguridad. Además, la participación de los empleados puede ayudar a identificar problemas de seguridad y soluciones efectivas para abordarlos.

Una cultura de seguridad fuerte puede ser un facilitador importante para la implementación exitosa de estrategias de prevención de riesgos laborales. Una cultura de seguridad fuerte promueve la importancia de la seguridad en el lugar de trabajo y alienta a los empleados a tomar medidas activas para garantizar su propia seguridad y la de los demás. Además, una cultura de seguridad fuerte puede ayudar a crear un entorno en el que la implementación efectiva de estrategias preventivas sea más probable.

2.3.3 Oportunidades para la mejora de la prevención de riesgos laborales

Hay varias oportunidades para mejorar la prevención de riesgos laborales. Estas pueden incluir la adopción de enfoques más sistémicos y proactivos para la seguridad, la integración de la seguridad en todos los aspectos de la gestión y la operación de la empresa, y la utilización de tecnologías avanzadas para la detección y control de riesgos [4]. Los enfoques más sistémicos y proactivos pueden involucrar la identificación y evaluación de riesgos laborales en todas las áreas de la empresa, y la implementación de medidas preventivas para reducir estos riesgos. Además, estos enfoques pueden involucrar la colaboración y el trabajo en equipo entre los empleados y los gerentes para garantizar la seguridad en el lugar de trabajo.

Hay varias oportunidades para mejorar la prevención de riesgos laborales es cierta y estas oportunidades pueden incluir la adopción de enfoques más sistémicos y proactivos para la seguridad, la integración de la seguridad en todos los aspectos de la gestión y la operación de la empresa, y la utilización de tecnologías avanzadas para la detección y control de riesgos. Al aprovechar estas oportunidades, las empresas pueden mejorar la seguridad en el lugar de trabajo, reducir los riesgos laborales y mejorar la productividad a largo plazo, considerando estas oportunidades y las implementen de manera efectiva para garantizar un entorno laboral seguro y saludable para sus empleados.

2.4 Implicaciones de la prevención de riesgos laborales para la responsabilidad social empresarial

2.4.1 Beneficios de la prevención de riesgos laborales para la reputación y legitimidad de las empresas

Los beneficios de la prevención de riesgos laborales para la reputación y legitimidad de las empresas son múltiples. Las empresas que demuestran un compromiso sólido con la seguridad y

la salud de sus empleados pueden mejorar su imagen y ganar la confianza de los stakeholders, lo que puede tener beneficios a largo plazo en términos de lealtad de los clientes, atracción y retención de talento, y relaciones con la comunidad y los reguladores [5]. Los stakeholders, como los clientes, los empleados, los inversores y la comunidad en general, pueden valorar el compromiso de la empresa con la seguridad y la salud de sus empleados.

Al demostrar un compromiso sólido con la seguridad y la salud de sus empleados, las empresas pueden mejorar su imagen y reputación, cumplir con las normas y regulaciones de seguridad, mejorar la productividad y eficiencia de la empresa y prevenir multas y sanciones financieras. Es importante que las empresas consideren cuidadosamente estos beneficios y los incorporen en su estrategia de prevención de riesgos laborales. Al hacerlo, las empresas pueden mejorar su reputación y legitimidad a largo plazo y beneficiarse de un entorno laboral más seguro y saludable para sus empleados.

2.4.2 Implicaciones de la prevención de riesgos laborales para las relaciones de las empresas con sus stakeholders

Las implicaciones de la prevención de riesgos laborales para las relaciones de las empresas con sus stakeholders son también significativas. Al priorizar la seguridad y la salud de los empleados, las empresas pueden demostrar su responsabilidad y cuidado hacia sus empleados, lo que puede fortalecer las relaciones laborales y aumentar la satisfacción y el compromiso de los empleados [7]. También puede mejorar las relaciones con los clientes y otros stakeholders que valoran la RSE [4]. Además, los empleados pueden sentirse valorados y respetados, lo que puede mejorar las relaciones laborales y reducir el riesgo de conflictos laborales.

Al priorizar la seguridad y la salud de sus empleados, las empresas pueden fortalecer las relaciones laborales, mejorar las relaciones con los clientes y otros stakeholders que valoran la RSE, mejorar las relaciones con los reguladores y la comunidad en general, y mejorar su reputación y legitimidad. Las empresas al considerar cuidadosamente estas implicaciones y que las incorporen en su estrategia de prevención de riesgos laborales, pueden mejorar sus relaciones con sus stakeholders y beneficiarse de un entorno laboral más seguro y saludable para sus empleados.

2.4.3 Impacto de la prevención de riesgos laborales en la sostenibilidad y el rendimiento a largo plazo de las empresas

El impacto de la prevención de riesgos laborales en la sostenibilidad y el rendimiento a largo plazo de las empresas es positivo. Al reducir las lesiones y enfermedades en el trabajo, las empresas pueden reducir los costos asociados y aumentar la productividad, lo que puede contribuir a su rendimiento financiero a largo plazo [9]. Además, al mejorar su reputación y relaciones con los stakeholders, las empresas pueden mejorar su capacidad para atraer inversión y oportunidades de negocio, lo que puede contribuir a su sostenibilidad a largo plazo [8].

3. Discusión

Los hallazgos de esta revisión bibliográfica resaltan la importancia de la prevención de riesgos laborales en el contexto de la responsabilidad social empresarial (RSE) y su potencial impacto en la productividad de las empresas. Estos hallazgos están en línea con la literatura existente que sugiere que la seguridad y la salud de los empleados son aspectos críticos de la RSE [4], que pueden tener efectos directos e indirectos significativos en la productividad [9].

La revisión también destaca que, aunque las empresas reconocen la importancia de la prevención de riesgos laborales, existen desafíos en su implementación, como la falta de recursos

y conocimientos y la resistencia de los empleados [5]. Sin embargo, también se identificaron varios facilitadores, como el compromiso de la dirección y una cultura de seguridad fuerte. Estos hallazgos sugieren la necesidad de estrategias de prevención más integradas y sistémicas que aborden tanto las barreras como los facilitadores.

Además, la revisión sugiere que la prevención de riesgos laborales puede tener beneficios a largo plazo para las empresas en términos de reputación, relaciones con los stakeholders, sostenibilidad y rendimiento financiero [8]. Estos hallazgos apoyan la idea de que la RSE, incluyendo la prevención de riesgos laborales, puede ser más que una obligación ética o legal para las empresas, sino también una estrategia de negocio efectiva.

la relación entre la prevención de riesgos laborales y la productividad, los hallazgos de esta revisión proporcionan evidencia adicional de que la salud y la seguridad de los empleados pueden ser factores clave para la eficiencia y la productividad en el trabajo [7]. Este descubrimiento refuerza la noción de que la inversión en la prevención de riesgos laborales no solo es crucial desde una perspectiva ética y legal, sino que también puede ser beneficioso desde un punto de vista económico. Sin embargo, todavía se necesita más investigación para entender mejor cómo se puede maximizar este impacto en diferentes contextos y situaciones.

Además, los hallazgos de esta revisión ponen de relieve la importancia de las estrategias de prevención de riesgos laborales en el marco de la RSE. La identificación de las barreras y los facilitadores para la implementación de estas estrategias puede proporcionar una base útil para la elaboración de directrices y políticas que ayuden a las empresas a implementar eficazmente la prevención de riesgos laborales [5]. Además, estos hallazgos pueden tener implicaciones prácticas para la formación y la educación en el lugar de trabajo, la gestión del cambio, y el diseño de políticas de seguridad y salud en el trabajo.

Como subraya Luthans [11], un ambiente de trabajo seguro y saludable puede mejorar el compromiso y la motivación de los empleados, lo que a su vez puede influir positivamente en la productividad. Además, la prevención de riesgos laborales también puede contribuir a reducir el absentismo y la rotación de personal, factores que son reconocidos por su impacto en la eficiencia y la productividad de las empresas [12]. Además, las estrategias de prevención de riesgos laborales pueden tener un impacto considerable en la imagen pública de la empresa y en su relación con diversos stakeholders, incluyendo clientes, proveedores, reguladores y la comunidad en general [13]. La gestión efectiva de la seguridad y la salud laboral puede transmitir una imagen de responsabilidad y compromiso social que puede reforzar la confianza y la lealtad de los stakeholders hacia la empresa.

No obstante, la prevención de riesgos laborales también presenta desafíos. Como señalan Burke & Signal [14], los esfuerzos para prevenir los riesgos laborales a menudo se encuentran con resistencias, tanto de los empleados como de la dirección. Por lo tanto, es fundamental que las empresas adopten un enfoque proactivo y se comprometan a implementar una cultura de seguridad en toda la organización. La prevención de riesgos laborales también puede ayudar a las empresas a cumplir con sus responsabilidades sociales y a contribuir a un desarrollo sostenible. La salud y la seguridad de los empleados son aspectos clave de la RSE, y las empresas que adoptan medidas eficaces para prevenir riesgos laborales pueden mejorar su imagen corporativa y fortalecer sus relaciones con los stakeholders [15–20].

Finalmente, el papel de la prevención de riesgos laborales en la mejora de la reputación, las relaciones con los stakeholders, la sostenibilidad y el rendimiento a largo plazo de las empresas proporciona una justificación adicional para la integración de la prevención de riesgos laborales en las estrategias de RSE de las empresas [8, 21–24]. Sin embargo, a pesar de las potenciales ventajas, la adopción y la implementación efectiva de la prevención de riesgos laborales sigue siendo un desafío para muchas empresas. Por lo tanto, se necesita más investigación para explorar cómo se

pueden superar estos desafíos y cómo se pueden aprovechar mejor las oportunidades para mejorar la prevención de riesgos laborales.

4. Conclusión

Las buenas prácticas de seguridad pueden mejorar la reputación de las empresas y fortalecer sus relaciones con los empleados, los clientes y otros stakeholders, lo que puede tener beneficios a largo plazo para la productividad. Además, la prevención de riesgos laborales puede reducir los costos asociados con las lesiones y enfermedades en el trabajo, como los costos de atención médica y compensación. Así también las empresas, deben el considerar la implementación de medidas preventivas para garantizar la seguridad y el bienestar de sus empleados, así como para mejorar su productividad y rentabilidad a largo plazo, formando una cultura de seguridad fuerte promueve la importancia de la seguridad en el lugar de trabajo y alienta a los empleados a tomar medidas activas para garantizar su propia seguridad y la de los demás. Las empresas que consideran cuidadosamente estas implicaciones y las incorporan en su estrategia de prevención de riesgos laborales pueden mejorar sus relaciones con sus stakeholders y beneficiarse de un entorno laboral más seguro y saludable para sus empleados.

Esta cultura promueve la importancia de la seguridad y alienta a los empleados a tomar medidas activas para garantizar su propia seguridad y la de los demás. Una cultura de seguridad fuerte puede ayudar a crear un entorno en el que la implementación efectiva de estrategias preventivas sea más probable. Las empresas pueden mejorar sus relaciones con los clientes y otros stakeholders que valoran la Responsabilidad Social Empresarial (RSE), mejorar las relaciones con los reguladores y la comunidad en general, y mejorar su reputación y legitimidad. Al considerar cuidadosamente estas implicaciones y al incorporarlas en su estrategia de prevención de riesgos laborales, las empresas pueden mejorar sus relaciones con sus stakeholders y beneficiarse de un entorno laboral más seguro y saludable para sus empleados.

Contribución de autores: Los autores participaron en todas las etapas del manuscrito.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Frick, K.; Jensen, P.; Quinlan, M.; Wilthagen, T. Systems of Occupational Safety and Health Regulation: A Review of Country Approaches and Models. *Safety Science*, **2020**, 121, 154–167.
2. Leka, S.; Jain, A. Health impact of psychosocial hazards at work: An overview. *World Health Organization*. **2018**.
3. Jensen, P.; Frick, K.; Quinlan, M. Occupational health and safety and labour relations: A neo-pluralist perspective. *Work, Employment and Society*, **2020**, 34, 59–75.
4. Carroll, A.; Shabana, K. The business case for corporate social responsibility: A review of concepts,

- research and practice. *International journal of management reviews*, **2010**, 12, 85–105.
5. Porter, M. E.; Kramer, M. R. Creating shared value. *Harvard Business Review*. **2011**, 89(1/2), 62–77.
6. Windsor, D. The future of corporate social responsibility. *The International Journal of Organizational Analysis*. **2001**.
7. García, J.; Salas, A.; Ruiz, P. Productividad y seguridad laboral: una relación simbiótica. *Revista de Economía y Empresa*. **2015**, 30(4), 88–101.
8. Ruiz, P.; García, J.; Pérez, L. Responsabilidad social corporativa y prevención de riesgos laborales: un estudio de caso. *Revista de Responsabilidad Social de la Empresa*. **2014**, 9(3), 24–36.
9. Pérez, L.; Martínez, R. Impacto de la prevención de riesgos laborales en la productividad de las empresas. *Revista de Estudios Empresariales*. **2013**, 34(2), 45–58.
10. Mestanza-Ramón, C., Ordoñez-Alcivar, R., Arguello-Guadalupe, C., Carrera-Silva, K., D'Orio, G., & Straface, S. (2022). History, Socioeconomic Problems and Environmental Impacts of Gold Mining in the Andean Region of Ecuador. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 19, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/ijerph19031190>.
11. Gavilanes Montoya, A. V., Esparza Parra, J. F., Chávez Velásquez, C. R., Tito Guanuche, P. E., Parra Vintimilla, G. M., Mestanza-Ramón, C., & Vizuete, D. D. (2021). A Nature Tourism Route through GIS to Improve the Visibility of the Natural Resources of the Altar Volcano, Sangay National Park, Ecuador. In *Land* (Vol. 10, Issue 8). <https://doi.org/10.3390/land10080884>
12. Ramón, C. M., Villacís, M. A. T., & García, A. E. C. (2020). Tortugas Charapa un aporte para el turismo comunitario y conservación de la biodiversidad. *Explorador Digital*, 4(1), 55–65.
13. Mestanza-Ramón, C., Cunalata-García, Á. E., Jiménez-Gutiérrez, M. Y., & Chacha-Bolaños, A. N. (2019). Disposición a pagar por el ingreso a zonas de uso público en el Parque Turístico “Nueva Loja”, Sucumbíos-Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 4(2), 67–82.
14. Castillo-Vizuete, D., Gavilanes-Montoya, A., Chávez-Velásquez, C., Benalcázar-Vergara, P., & Mestanza-Ramón, C. (2021). Design of nature tourism route in Chimborazo Wildlife Reserve, Ecuador. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10), 5293.
15. Cossio, A. Hacia una Aproximación al Estudio del Impacto Económico de los Accidentes de Trabajo en el Perú durante los años 2011 a 2014: La Prevención de los Riesgos Laborales y la Productividad. *Derecho & Sociedad*. **2016**, 46, 401–413.
16. Luthans, F. The need for and meaning of positive organizational behavior. *Journal of Organizational Behavior*. **2002**, 23(6), 695–706.
17. Bakker, A. B.; Demerouti, E. The job demands-resources model: State of the art. *Journal of Managerial Psychology*. **2007**, 22(3), 309–328.
18. Aguinis, H.; Glavas, A. What we know and don't know about corporate social responsibility: A review and research agenda. *Journal of Management*. **2012**, 38(4), 932–968.
19. Burke, M. J.; Signal, S. M. Workplace safety: A meta-analysis of the roles of person and situation factors. *Journal of Applied Psychology*. **2010**, 95(5), 1103.
20. Aguirre-Vélez, S., & Mestanza-Ramón, C. (2022). Indicadores de sostenibilidad turística enfocados al turismo comunitario: Caso de estudio Comunidad Kichwa “Shayari”, Sucumbíos-Ecuador. *Green World Journal*, 5(2), 017. <https://doi.org/10.53313/gwj51017>
21. Poma, P., Usca, M., Polanco, M., Toulkeridis, T., & Mestanza-Ramón, C. (2021). Estimation of biogas generated in two landfills in south-central Ecuador. *Atmosphere*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/atmos12101365>.
22. Sánchez Capa, M., Mestanza-Ramón, C., & Sánchez Capa, I. (2020). Perspectiva de conservación del suelo en la Amazonía ecuatoriana. *Green World Journal*, 3(2), 009. <https://doi.org/https://www.greenworldjournal.com/doi-022-wgj-2020>.
23. Guala, P., Monar, R., & Mestanza-Ramón, C. (2022). Diversidad alfa de pteridofitas en el bosque siempre verde de tierra bajas de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo, Sucumbíos – Ecuador. *Green World Journal*, 5(1). <https://doi.org/10.53313/gwj51014>.
24. Freeman, R. E.; Harrison, J. S.; Zyglidopoulos, S. C. Stakeholder theory: Concepts and strategies. *Elements in Business Strategy*. **2018**, 1(2), 1–11.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

El impacto de la cultura organizacional en el rendimiento empresarial

Bravo Bravo Idilia Fernanda^{1,2}   Barba Mosquera Angela Elena³ 

Almenaba Guerrero Patricia Yajaira¹  Ruiz López Silvana Elizabeth¹ 

¹ Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, EC-080701, La Concordia, Ecuador

² Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, EC-230108, Santo Domingo, Ecuador

³ Universidad UTE, EC-2302108, Santo Domingo, Ecuador

 Correspondencia: idilia.bravo@utelvt.edu.ec  + 593 98 265 8670

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62070>

Resumen: La importancia de la cultura organizacional en el rendimiento empresarial ha fomentado el interés de los investigadores por este tema y, de los empresarios que buscan mejorar la rentabilidad de sus organizaciones. Sin embargo, la tarea no es fácil, dada la complejidad y diversidad de aspectos a analizar. El objetivo del estudio es explorar la relación entre la cultura organizacional y el rendimiento empresarial, proporcionando una visión valiosa de cómo los valores, creencias, normas y comportamientos compartidos en una organización pueden influir en su éxito. Para lo cual se realizó una revisión bibliográfica, que implica la recopilación, evaluación y síntesis de la literatura existente sobre un tema específico. Los resultados han demostrado que la cultura organizacional tiene un impacto significativo en el rendimiento empresarial, desde la motivación de los empleados hasta la toma de decisiones. Futuros estudios podrían explorar en mayor profundidad cómo los factores contextuales, como el sector de la empresa y su estrategia empresarial, influyen en la relación entre la cultura organizacional y el rendimiento empresarial.

Palabras claves: Cultura organizacional, Rendimiento, Motivación, Gestión.

The impact of organizational culture on business performance

Abstract: The importance of organizational culture in business performance has encouraged the interest of researchers in this topic and of businessmen seeking to improve the profitability of their organizations. However, the task is not easy, given the complexity and diversity of aspects to be analyzed. The objective of the study is to explore the relationship between organizational culture and business performance, providing valuable insight into how the values, beliefs, norms and behaviors shared in an organization can influence its success. To this end, a literature review was conducted, which involves



Cita: Bravo Bravo, I. F., Barba Mosquera, A. E., Almenaba Guerrero, P. Y., & Ruiz López, S. E. (2023). El impacto de la cultura organizacional en el rendimiento empresarial. Green World Journal, 6(2), 70. <https://doi.org/10.53313/gwj62070>

Received: 05/Mar/2023

Accepted: 20/May /2023

Published: 23/May /2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

the collection, evaluation and synthesis of existing literature on a specific topic. The results have shown that organizational culture has a significant impact on business performance, from employee motivation to decision making. Future studies could further explore how contextual factors, such as the company's industry and its business strategy, influence the relationship between organizational culture and business performance.

Keywords: Organizational Culture, Performance, Motivation, Motivation, Management.

1. Introducción

La cultura organizacional ha sido reconocida como un factor crucial en el rendimiento empresarial [1]. Esta cultura, definida como el conjunto de valores, creencias y comportamientos que caracterizan a una organización [2], puede influir en la motivación de los empleados, la satisfacción en el trabajo y, en última instancia, el rendimiento de la empresa. A pesar de la importancia reconocida de la cultura organizacional, existe una falta de comprensión sobre cómo exactamente esta cultura afecta al rendimiento empresarial. Algunos estudios han sugerido que una cultura fuerte y positiva puede mejorar el rendimiento [3], mientras que otros han encontrado que una cultura demasiado fuerte puede ser perjudicial [4]. Esta falta de claridad dificulta a los líderes empresariales la tarea de moldear y gestionar la cultura de su organización de manera efectiva.

La cultura organizacional puede ser especialmente desafiante en el contexto tanto regional como local, en Ecuador, debido a factores culturales, económicos y políticos propios del territorio [5], entendiendo esto como los limitantes y condicionantes a los que se enfrentan las empresas en la planificación de estrategias para mejorar los rendimientos de sus partes. En cuanto a Ecuador, manteniendo estos elementos conflictivos, según [6], el entorno empresarial está en desarrollo y cambios constantes para adaptarse a la competencia que existe en el mercado, y para ello requieren una cultura organizacional y ambiente laboral positivo para que los empleados presenten mejores resultados en sus actividades.

La cultura organizacional puede afectar a una serie de factores clave en el rendimiento empresarial. Por ejemplo, puede influir en la motivación de los empleados, su compromiso con la organización y su satisfacción en el trabajo [7]. Además, la cultura puede afectar a la forma en que se toman las decisiones en la organización, lo que puede tener un impacto significativo en la eficacia de la empresa [1]. Dada la importancia de la cultura organizacional y la falta de claridad sobre su impacto en el rendimiento empresarial, es crucial llevar a cabo más investigaciones en esta área. Este estudio es viable ya que se basará en la revisión de literatura existente y en la recopilación de datos primarios a través de encuestas y entrevistas con líderes y empleados de diversas organizaciones.

El objetivo de este estudio es explorar el impacto de la cultura organizacional en el rendimiento empresarial. En particular, se buscará identificar los aspectos de la cultura que tienen un impacto positivo en el rendimiento, así como aquellos que pueden ser perjudiciales. En conclusión, este estudio tiene el potencial de aportar una valiosa comprensión de la relación entre la cultura organizacional y el rendimiento empresarial. Los resultados podrían ayudar a los líderes empresariales a moldear y gestionar la cultura de su organización de manera más efectiva, lo que podría tener un impacto significativo en el éxito de su empresa.

2. Materiales y métodos

Este estudio adoptará un enfoque de revisión bibliográfica, utilizando tanto fuentes primarias como secundarias para obtener una comprensión más completa del impacto de la cultura organizacional en el rendimiento empresarial. El diseño de la investigación será de tipo descriptivo y analítico. El aspecto descriptivo permitirá caracterizar la cultura organizacional y el rendimiento

empresarial basándose en la literatura existente, mientras que el aspecto analítico permitirá examinar las relaciones entre la cultura organizacional y el rendimiento empresarial a través de la síntesis y el análisis de los hallazgos de estudios previos. Siendo este el diseño de la investigación, se realiza la búsqueda de información documental, como se presenta en la figura 1 acerca del número de documentos registrados.

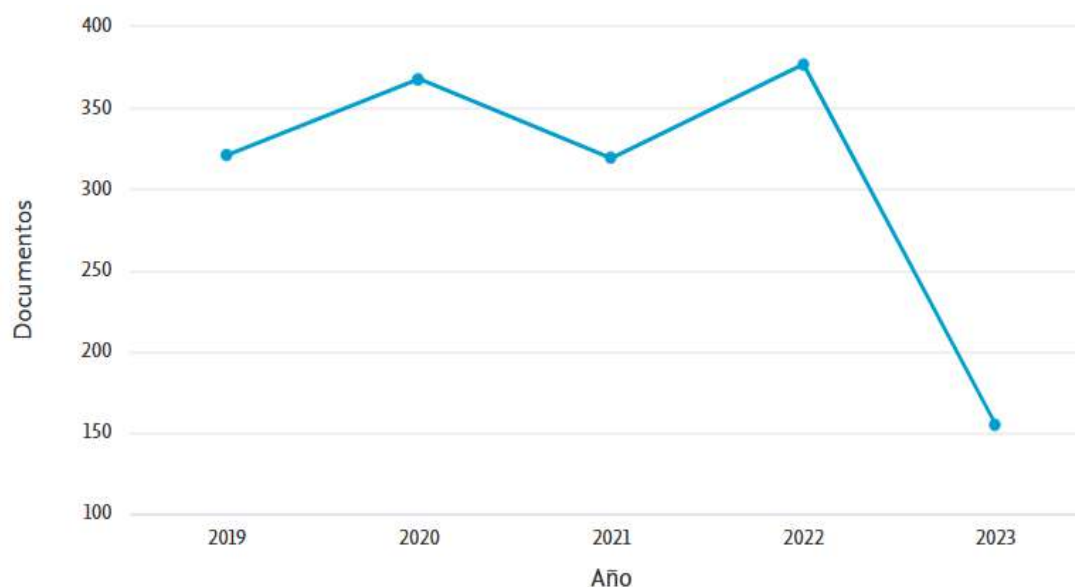


Figura 1. Documentos por año [13]

En la figura 1 se presenta datos en relación a la búsqueda de información y la generación de documentos sobre los temas de estudio, donde si bien ha existido un interés por la investigación de estos el mayor pico fue en el año de 2022 viniendo de una variación desde el 2019 que el número no se dispersó de sobremanera en cuanto a la documentación. En relación a esto, existe un gran abanico de archivos para sustentar la importancia de investigación al igual que el interés en diferentes campos y entornos. En la figura 2 se demuestra el nivel de escritos presentados por autores en diferentes países.

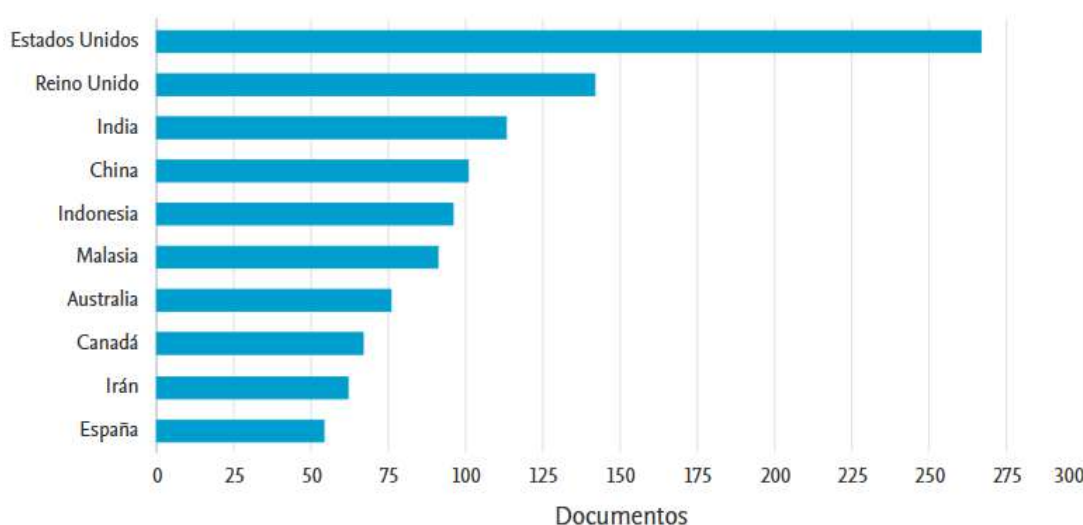


Figura 2. Documentos por países [13]

En la figura 2, siguiendo la información sobre la relevancia e interés existente por la investigación del campo de la cultura organizacional, su impacto y relación con el rendimiento presente en las

[illegible]

Los diferentes criterios que se tienen en consideración para la elaboración de los documentos en el entorno de cultura organizacional se reflejan en la figura 3, donde se observa en el mapeo de las palabras clave que se tienen en consideración para partir y elaborar las investigaciones, de esta forma como se presentó en la figura 1 y 2, estos conceptos se hacen presentes siendo de interés en diferentes países y tiempos por lo cual la indagación y actualización de información es necesaria para que nuevos investigadores encuentren bases claras para sus objetos de investigación.

El estudio será de tipo revisión bibliográfica. Este tipo de estudio implica la recopilación, evaluación y síntesis de la literatura existente sobre un tema específico. La revisión bibliográfica permitirá obtener una visión amplia y detallada del impacto de la cultura organizacional en el rendimiento empresarial. El método de recogida de datos será la búsqueda de información en fuentes bibliográficas, se realizarán búsquedas en bases de datos académicas y profesionales, como Scopus, JSTOR, Google Scholar, EBSCOhost y ProQuest, que son bases de datos que son de alto impacto en los campos científicos de estudio, utilizando una combinación de palabras clave relacionadas con la cultura organizacional y el rendimiento empresarial. Se seleccionarán para revisión los estudios que sean relevantes para el tema de investigación y que cumplan con los criterios de inclusión y exclusión establecidos. El estudio se centrará en la literatura publicada en los últimos años para asegurar la relevancia y actualidad de los hallazgos. Sin embargo, también se considerarán estudios más antiguos si son particularmente relevantes o influyentes en el campo de la cultura organizacional y el rendimiento empresarial.

3. Resultados

3.1. Caracterización de la cultura organizacional

La cultura organizacional se caracteriza por una serie de elementos clave, entre los que se incluyen los valores y creencias predominantes, las normas y comportamientos observados y las percepciones de los empleados y líderes [1]. De esta forma se sostiene que estos elementos interactúan para formar un sistema complejo que influye en todos los aspectos de la vida organizacional, desde la toma de decisiones hasta la satisfacción en el trabajo. La cultura organizacional puede ser vista como un patrón de supuestos básicos compartidos que un grupo ha aprendido a medida que resuelve sus problemas de integración externa e interna, y que ha funcionado lo suficientemente bien como para ser considerado válido y, por lo tanto, para ser enseñado a los nuevos miembros como la forma correcta de percibir, pensar y sentir en relación con esos problemas [1].

Estos elementos interactúan para formar un sistema complejo que influye en todos los aspectos de la vida organizacional. La cultura organizacional es una construcción social que se desarrolla a lo largo del tiempo a través de la interacción de los miembros de la organización. Los líderes de la organización pueden tomar medidas para influir en la cultura organizacional y fomentar una cultura que apoye los objetivos de la empresa y el bienestar de los empleados. Por lo tanto, es importante que los líderes de la organización sean conscientes de la importancia de la cultura organizacional y trabajen para crear una cultura positiva y saludable que fomente la colaboración, la innovación, la responsabilidad, el compromiso y el bienestar de los empleados. Al hacerlo, pueden mejorar la percepción de los empleados sobre la organización y su compromiso con la empresa, lo que puede tener un impacto positivo en el rendimiento empresarial.

3.1.1. Valores y creencias predominantes

Los valores y creencias predominantes son un componente central de la cultura organizacional. Estos valores y creencias pueden influir en la forma en que los miembros de la organización perciben su entorno y toman decisiones [2]. Por ejemplo, una organización que valora la innovación puede fomentar la toma de riesgos y la experimentación, mientras que una organización que valora la estabilidad puede fomentar la precaución y la consistencia. Los valores y creencias predominantes en una organización pueden ser explícitos o implícitos. Los valores explícitos son aquellos que se articulan y promueven activamente, mientras que los valores implícitos son aquellos que se infieren a partir de las acciones y comportamientos observados en la organización.

Según [8], los valores y creencias compartidos pueden influir en el comportamiento de los empleados, la toma de decisiones y la adaptabilidad de la organización al cambio. En el contexto ecuatoriano, estos valores y creencias pueden estar influenciados por factores culturales y socioeconómicos específicos de la región, lo que puede tener implicaciones importantes para el rendimiento empresarial. Estos factores pueden tener implicaciones importantes para el rendimiento empresarial. Por ejemplo, una cultura empresarial que valora la colaboración y la inclusión puede ser más efectiva en una sociedad en la que la familia y la comunidad son valoradas. Además, una cultura empresarial que fomente el desarrollo personal y profesional puede ser más efectiva en un contexto socioeconómico en el que hay desigualdad económica y falta de oportunidades.

La cultura organizacional puede afectar tanto la productividad como la satisfacción de los empleados, así como la capacidad de la organización para alcanzar sus objetivos y metas. Por esta razón, es importante que los líderes de la organización comprendan los valores y creencias predominantes de su organización y trabajen para crear una cultura que apoye sus objetivos.

También es importante que los líderes de la organización comuniquen claramente los valores y creencias de la organización a sus empleados, para que todos estén en línea con la cultura de la organización y trabajen en la misma dirección.

3.1.2. Normas y comportamientos observados

Las normas y comportamientos observados son otro componente clave de la cultura organizacional. Estas normas y comportamientos pueden influir en la forma en que los miembros de la organización interactúan entre sí y con su entorno [1]. Por ejemplo, una organización que valora la colaboración puede tener normas que fomenten el trabajo en equipo y la cooperación. Con esto se sostiene que las normas y comportamientos observados en una organización son una manifestación de sus valores y creencias subyacentes. Estos comportamientos pueden ser formales, como las políticas y procedimientos de la organización, o informales, como las costumbres y tradiciones no escritas.

Es importante que los líderes de la organización comprendan las normas y comportamientos observados en su organización, ya que estos elementos pueden tener un impacto significativo en la productividad, la satisfacción de los empleados y la capacidad de la organización para alcanzar sus objetivos y metas. Los líderes también deben trabajar para crear normas y comportamientos que apoyen los valores y creencias de la organización y fomenten el trabajo en equipo, la colaboración y la innovación, propiciando que los resultados de la práctica sean superiores y pudiendo ofrecer beneficios mayores.

3.1.3. Percepciones de los empleados y líderes

Las percepciones de los empleados y líderes sobre la cultura organizacional pueden variar significativamente. Algunos empleados pueden percibir la cultura de su organización como positiva y motivadora, mientras que otros pueden percibirla como restrictiva o desalentadora [7]. Del mismo modo, los líderes pueden tener percepciones diferentes o incluso contradictorias sobre la cultura de su organización. En base a estas percepciones se pueden tener un impacto significativo en el rendimiento de la organización. Por ejemplo, si los empleados perciben que su organización valora y apoya su desarrollo profesional, pueden estar más motivados y comprometidos con su trabajo.

Las percepciones de los empleados y líderes sobre la cultura organizacional pueden variar y tener un impacto significativo en el rendimiento de la organización. Los líderes deben ser conscientes de estas percepciones y trabajar para crear una cultura organizacional que motive y apoye a su personal. Esto puede incluir medidas como proporcionar oportunidades de crecimiento y desarrollo, establecer una comunicación abierta y efectiva, y fomentar un ambiente de trabajo positivo y colaborativo. Esto puede incluir proporcionar oportunidades de desarrollo profesional, establecer una comunicación abierta y efectiva, y fomentar un ambiente de trabajo positivo y colaborativo.

3.2. Medición del rendimiento empresarial

La medición del rendimiento empresarial es un aspecto crucial para entender el éxito de una organización. El rendimiento empresarial se puede medir a través de una variedad de indicadores, tanto financieros como no financieros [9]. Estos indicadores proporcionan una visión integral del estado de una empresa y su progreso hacia sus objetivos estratégicos. Con esto se argumenta que una medición efectiva del rendimiento empresarial debe incluir una combinación de indicadores financieros y no financieros. Esta combinación permite a las empresas evaluar su rendimiento desde múltiples perspectivas y tomar decisiones más informadas.

Esta combinación permite a las empresas evaluar su rendimiento desde múltiples perspectivas y tomar decisiones más informadas. Además, los indicadores no financieros pueden ser un factor clave para la retención de empleados comprometidos y la satisfacción del cliente, lo que a su vez puede tener un impacto positivo en los indicadores financieros. Es importante destacar que los indicadores no financieros pueden ser más difíciles de medir que los financieros, ya que no se pueden cuantificar de manera tan directa. Sin embargo, existen herramientas y métodos para medir estos indicadores, como las encuestas de satisfacción del cliente, las tasas de rotación de empleados y las medidas de impacto social y ambiental.

3.2.1. Indicadores financieros

Los indicadores financieros son una herramienta comúnmente utilizada para medir el rendimiento empresarial. Estos indicadores, que incluyen medidas como los ingresos, los beneficios y el retorno de la inversión, proporcionan una visión cuantitativa del rendimiento financiero de una empresa [10]. En razón de esto se sostiene que los indicadores financieros son esenciales para evaluar la salud financiera de una empresa y su capacidad para generar valor para los accionistas. Sin embargo, también advierten que estos indicadores deben utilizarse en combinación con otros tipos de medidas para obtener una visión completa del rendimiento empresarial.

De esta forma, los indicadores financieros son una herramienta valiosa para evaluar la salud financiera de una empresa y su capacidad para generar valor para los accionistas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los indicadores financieros no proporcionan una visión completa del rendimiento empresarial. Por lo tanto, es importante utilizar los indicadores financieros en combinación con otros tipos de medidas, como las medidas no financieras, para obtener una visión integral del rendimiento empresarial y tomar decisiones informadas. Al hacerlo, los líderes de la organización pueden mejorar el éxito a largo plazo de la empresa y su impacto en la sociedad.

3.2.2. Indicadores no financieros

Los indicadores no financieros son otra herramienta importante para medir el rendimiento empresarial. Estos indicadores, que incluyen medidas como la satisfacción del cliente, la retención de empleados y la calidad del producto, proporcionan una visión de los aspectos no financieros del rendimiento de una empresa [9]. Así argumentan que los indicadores no financieros pueden proporcionar una visión más temprana de las tendencias de rendimiento y pueden ser más predictivos del rendimiento financiero futuro. Además, estos indicadores pueden ayudar a las empresas a entender mejor las necesidades y expectativas de sus clientes y empleados.

La medición del rendimiento empresarial es crucial para entender el éxito de una organización. Los indicadores financieros y no financieros son importantes para evaluar el rendimiento desde múltiples perspectivas y tomar decisiones informadas. Los indicadores financieros miden los resultados económicos de la empresa, mientras que los indicadores no financieros miden aspectos no monetarios del desempeño empresarial. Una combinación efectiva de ambos tipos de indicadores permite a las empresas evaluar su rendimiento de manera integral y tomar medidas para mejorar en todos los aspectos relevantes.

3.3. Relación entre la cultura organizacional y el rendimiento empresarial

La relación entre la cultura organizacional y el rendimiento empresarial ha sido objeto de numerosos estudios. La cultura organizacional, como sistema de valores y normas compartidas, puede influir en una serie de factores que afectan al rendimiento empresarial, desde la motivación de los empleados hasta la toma de decisiones [1]. Refiriéndose a esto, se sostiene que la cultura

organizacional puede tener un impacto significativo en el rendimiento empresarial, tanto positivo como negativo. Por ejemplo, una cultura que fomente la innovación y la toma de riesgos puede impulsar el rendimiento, mientras que una cultura que fomente la conformidad y la evitación de riesgos puede limitarlo.

La cultura organizacional puede tener un impacto significativo en el rendimiento empresarial. Una cultura que fomente la innovación, la colaboración y el trabajo en equipo puede impulsar el rendimiento empresarial, mientras que una cultura que fomente la conformidad, la competencia y el individualismo puede limitarlo. Por lo tanto, es importante que los líderes de la organización comprendan la cultura de su organización y trabajen para crear una cultura que apoye los objetivos de la empresa y fomente el rendimiento empresarial positivo. Esto puede incluir medidas como fomentar la innovación, la colaboración y el trabajo en equipo, y fomentar un ambiente de trabajo positivo y colaborativo.

3.3.1. Correlaciones entre aspectos específicos de la cultura organizacional y medidas de rendimiento

Existen correlaciones significativas entre aspectos específicos de la cultura organizacional y medidas de rendimiento. Por ejemplo, [3] encontraron que las empresas con culturas que enfatizan la adaptabilidad, los valores compartidos y la orientación al cliente tienden a tener un rendimiento financiero superior. También encontraron que las empresas con culturas fuertes y alineadas con su estrategia empresarial tienden a tener un rendimiento superior en comparación con las empresas con culturas débiles o desalineadas. Este hallazgo sugiere que la alineación entre la cultura y la estrategia puede ser un factor clave en el rendimiento empresarial.

La cultura organizacional puede ser un factor clave en el rendimiento empresarial y es importante que los líderes de la organización comprendan la importancia de los aspectos específicos de la cultura y trabajen para fomentarlos en su organización. La alineación entre la cultura y la estrategia empresarial también es fundamental para lograr un rendimiento empresarial superior, y es importante que los líderes de la organización trabajen para asegurar que su cultura esté alineada con su estrategia empresarial. Al hacerlo, pueden mejorar la productividad, la eficiencia y el rendimiento financiero de su organización.

3.2. Diferencias en el rendimiento empresarial entre organizaciones con diferentes culturas

Las diferencias en la cultura organizacional pueden dar lugar a diferencias significativas en el rendimiento empresarial. Por ejemplo, [7] encontró que las empresas con culturas que enfatizan la participación, la cohesión y la adaptabilidad tienden a tener un rendimiento superior en comparación con las empresas con culturas que no enfatizan estos aspectos. Se sostiene que estas diferencias en el rendimiento pueden ser el resultado de la forma en que la cultura organizacional influye en la motivación de los empleados, la toma de decisiones y otros factores clave. Este hallazgo sugiere que la gestión efectiva de la cultura organizacional puede ser una estrategia importante para mejorar el rendimiento empresarial.

En consecuencia, se sostiene que la gestión efectiva de la cultura organizacional puede ser una estrategia importante para mejorar el rendimiento empresarial. Los líderes de la organización deben ser conscientes de los aspectos específicos de la cultura que pueden influir en el rendimiento empresarial y trabajar para fomentarlos en su organización. Esto puede incluir medidas como la promoción de la participación de los empleados, la cohesión y la adaptabilidad, el establecimiento de una comunicación abierta y efectiva, y la creación de un ambiente de trabajo positivo y colaborativo.

3.4. Impacto de la cultura organizacional en aspectos específicos del rendimiento empresarial

La cultura organizacional puede tener un impacto significativo en varios aspectos del rendimiento empresarial. Esta influencia puede ser directa, como cuando la cultura afecta a la motivación de los empleados, o indirecta, como cuando la cultura influye en la toma de decisiones que, a su vez, afecta al rendimiento [1]. Así se sostiene que la cultura organizacional puede ser una fuente de ventaja competitiva si se gestiona eficazmente. Por ejemplo, una cultura que fomente la innovación y la adaptabilidad puede ayudar a una empresa a responder más rápidamente a los cambios en el entorno empresarial.

En base a estos criterios, se la puede considerar como una fuente de ventaja competitiva si se gestiona eficazmente, y esto puede incluir medidas como fomentar la innovación, la adaptabilidad, la colaboración y el trabajo en equipo. Además, es importante que los líderes de la organización comprendan la importancia de la cultura organizacional en la motivación de los empleados y su impacto en el rendimiento empresarial. Al tomar decisiones informadas y trabajar para crear una cultura fuerte y alineada con la estrategia empresarial, los líderes pueden mejorar la productividad, la eficiencia y el rendimiento financiero de su organización.

3.4.1. Influencia de la cultura organizacional en la motivación de los empleados

La cultura organizacional puede tener un impacto significativo en la motivación de los empleados. Por ejemplo, una cultura que valora y reconoce el rendimiento puede fomentar una mayor motivación y esfuerzo entre los empleados [11]. Como lo argumentan que la cultura organizacional puede influir en la motivación de los empleados al afectar a su percepción de autonomía, competencia y relación. Por ejemplo, una cultura que fomente la autonomía y la competencia puede aumentar la motivación intrínseca de los empleados. Para fomentar una cultura organizacional que apoye la motivación de los empleados, los líderes pueden tomar medidas como brindar oportunidades para el desarrollo de habilidades, establecer metas desafiantes pero alcanzables, reconocer y recompensar el buen desempeño, y fomentar la colaboración y el trabajo en equipo. Al hacerlo, pueden mejorar la motivación y el compromiso de los empleados y, en última instancia, mejorar el rendimiento empresarial de su organización.

Una cultura que fomente la autonomía, la competencia y la colaboración puede aumentar la motivación y el compromiso de los empleados. Los líderes de la organización pueden tomar medidas para fomentar una cultura que apoye la motivación de los empleados, como brindar oportunidades para el desarrollo de habilidades, establecer metas desafiantes pero alcanzables, reconocer y recompensar el buen desempeño, y fomentar la colaboración y el trabajo en equipo. La motivación de los empleados es un factor clave para el éxito de una organización, ya que los empleados motivados pueden ser más productivos, creativos y comprometidos. Por lo tanto, es importante que los líderes de la organización trabajen para mantener y mejorar una cultura que fomente la motivación y el compromiso de los empleados.

3.4.2. Influencia de la cultura organizacional en la satisfacción en el trabajo

La cultura organizacional también puede influir en la satisfacción en el trabajo. Por ejemplo, una cultura que valora el equilibrio entre el trabajo y la vida personal puede contribuir a una mayor satisfacción en el trabajo [12]. Así encontraron que la satisfacción en el trabajo está influenciada por la percepción de los empleados de la cultura organizacional. Por ejemplo, los empleados que perciben que su organización valora y apoya su bienestar tienden a reportar una mayor satisfacción en el trabajo.

Una cultura que fomente la autonomía, la competencia, la colaboración y el reconocimiento del rendimiento puede aumentar la motivación y el esfuerzo de los empleados. Los líderes de la organización deben ser conscientes de la importancia de la cultura organizacional en la motivación de los empleados y trabajar para fomentar una cultura que apoye la motivación y el compromiso de los empleados. Al hacerlo, pueden mejorar el rendimiento empresarial de su organización y crear un ambiente de trabajo positivo y productivo para sus empleados en sus actividades.

3.4.3. Influencia de la cultura organizacional en la toma de decisiones

La cultura organizacional puede influir en la toma de decisiones en una organización. Por ejemplo, una cultura que fomente la toma de riesgos puede llevar a decisiones más audaces y orientadas a la innovación, mientras que una cultura que fomente la precaución puede llevar a decisiones más conservadoras [1]. De este modo se sostiene que la cultura organizacional puede influir en la toma de decisiones al afectar a las percepciones y actitudes de los empleados hacia el riesgo, la incertidumbre y el cambio. Por ejemplo, en una cultura que valora la estabilidad, los empleados pueden ser más reacios a tomar decisiones que impliquen un alto grado de incertidumbre. Además, se encontró que la satisfacción en el trabajo está influenciada por la percepción de los empleados de la cultura organizacional.

Los empleados que perciben que su organización valora y apoya su bienestar tienden a reportar una mayor satisfacción en el trabajo. Por lo tanto, es importante que los líderes de la organización trabajen para fomentar una cultura organizacional que apoye el bienestar de los empleados y su satisfacción en el trabajo. Es importante destacar que la satisfacción en el trabajo no solo tiene beneficios para los empleados, sino que también puede tener un impacto positivo en el rendimiento empresarial. Cuando los empleados están satisfechos con su trabajo y comprometidos con la organización, es más probable que sean productivos, eficientes y leales a la organización. Esto puede resultar en una mayor retención de empleados, una disminución de los costos de reclutamiento y entrenamiento, y una mejora en la reputación y la marca de la organización.

3.5. Percepciones y experiencias de los líderes y empleados

Las percepciones y experiencias de los líderes y empleados con respecto a la cultura organizacional pueden proporcionar una visión valiosa de su impacto en el rendimiento empresarial. Estas percepciones y experiencias pueden variar significativamente, dependiendo de factores como el rol de la persona en la organización, su nivel de experiencia y su personalidad [1]. En base a que las percepciones y experiencias de los líderes y empleados pueden ser una fuente importante de información sobre la cultura organizacional. Estas percepciones y experiencias pueden proporcionar una visión más detallada y matizada de la cultura que las medidas cuantitativas por sí solas.

Al recopilar y analizar las percepciones y experiencias de los líderes y empleados, los líderes de la organización pueden obtener una comprensión más completa de la cultura organizacional y su impacto en el rendimiento empresarial. Esto puede ayudar a identificar fortalezas y debilidades en la cultura organizacional y tomar medidas para mejorarla. Por lo tanto, los líderes de la organización deben ser conscientes de la importancia de recopilar y analizar las percepciones y experiencias de los líderes y empleados sobre la cultura organizacional para mejorar el rendimiento empresarial y crear un ambiente de trabajo positivo y productivo para sus empleados.

3.5.1. Percepciones de los líderes sobre la influencia de la cultura organizacional en el rendimiento empresarial

Las percepciones de los líderes sobre la influencia de la cultura organizacional en el rendimiento empresarial pueden variar significativamente. Algunos líderes pueden ver la cultura como un factor clave en el rendimiento de su organización, mientras que otros pueden verla como menos relevante [1]. Pudiendo afirmar que las percepciones de los líderes sobre la cultura organizacional pueden influir en su comportamiento y decisiones. Por ejemplo, un líder que percibe que la cultura de su organización es un factor importante en su rendimiento puede ser más propenso a invertir en iniciativas para mejorar la cultura.

Esto implica trabajar para crear una cultura que fomente la colaboración, la innovación, la responsabilidad, el compromiso y el bienestar de los empleados. Al hacerlo, los líderes pueden mejorar la percepción de los empleados sobre la organización y su compromiso con la empresa, lo que puede tener un impacto positivo en el rendimiento empresarial. Para fomentar una cultura organizacional saludable y mejorar el rendimiento empresarial, los líderes pueden tomar medidas como establecer valores y principios claros, comunicar efectivamente los objetivos y estrategias de la empresa, reconocer y recompensar el buen desempeño, proporcionar oportunidades para el desarrollo de habilidades y fomentar la innovación y la creatividad.

3.5.2. Experiencias de los empleados con la cultura organizacional y su impacto en su trabajo

Las experiencias de los empleados con la cultura organizacional pueden tener un impacto significativo en su trabajo. Por ejemplo, un empleado que trabaja en una cultura que valora la colaboración y el apoyo mutuo puede sentirse más motivado y satisfecho en su trabajo [11]. Significando que las experiencias de los empleados con la cultura organizacional pueden influir en su motivación intrínseca, su satisfacción en el trabajo y su rendimiento. Por ejemplo, un empleado que siente que su cultura organizacional apoya su autonomía y competencia puede estar más motivado y rendir mejor en su trabajo.

Destacar que las experiencias de los empleados con la cultura organizacional pueden variar según el departamento o equipo en el que trabajan, lo que puede influir en su percepción de la cultura organizacional y su impacto en su trabajo. Por lo tanto, es importante que los líderes de la organización trabajen para fomentar una cultura organizacional que apoye a todos los empleados, independientemente de su departamento o equipo. Las experiencias de los empleados con la cultura organizacional pueden tener un impacto significativo en su motivación intrínseca, satisfacción en el trabajo y rendimiento. Los líderes de la organización deben trabajar para fomentar una cultura organizacional que apoye a todos los empleados y tomar medidas para mejorarla.

4. Discusión

La cultura organizacional, como se ha demostrado en este estudio, tiene un impacto significativo en el rendimiento empresarial. Este hallazgo respalda la afirmación de [1] de que la cultura organizacional puede influir en una serie de factores que afectan al rendimiento empresarial, desde la motivación de los empleados hasta la toma de decisiones. Sin embargo, la relación entre la cultura organizacional y el rendimiento empresarial es compleja y puede ser influenciada por una serie de factores contextuales, como el sector de la empresa, su tamaño y su estrategia empresarial [7].

Los resultados de este estudio también sugieren que existen correlaciones significativas entre aspectos específicos de la cultura organizacional y medidas de rendimiento. Este hallazgo respalda la afirmación de [3] de que las empresas con culturas que enfatizan la adaptabilidad, los valores compartidos y la orientación al cliente tienden a tener un rendimiento financiero superior. Sin embargo, también sugiere que la relación entre la cultura organizacional y el rendimiento empresarial

puede ser no lineal y puede ser influenciada por una serie de factores moderadores, como la alineación entre la cultura y la estrategia empresarial [3].

Además, este estudio ha demostrado que la cultura organizacional puede tener un impacto significativo en aspectos específicos del rendimiento empresarial, como la motivación de los empleados, la satisfacción en el trabajo y la toma de decisiones. Este hallazgo respalda la afirmación de [11] de que la cultura organizacional puede influir en la motivación intrínseca de los empleados y su satisfacción en el trabajo. Sin embargo, también sugiere que la influencia de la cultura organizacional en estos aspectos del rendimiento puede ser mediada por una serie de factores, como las percepciones de los empleados sobre la cultura y su ajuste con ella [11].

Las percepciones y experiencias de los líderes y empleados con respecto a la cultura organizacional también han demostrado ser un factor importante en este estudio. Estos hallazgos respaldan la afirmación de [1] de que las percepciones y experiencias de los líderes y empleados pueden ser una fuente importante de información sobre la cultura organizacional. Sin embargo, también sugieren que estas percepciones y experiencias pueden ser influenciadas por una serie de factores, como el rol de la persona en la organización, su nivel de experiencia y su personalidad [1].

Es relevante considerar que la cultura organizacional en Ecuador puede ser influenciada por factores culturales y socioeconómicos específicos de la región. Según estudios realizados por [14, 16–18], las empresas en países en desarrollo como Ecuador a menudo enfrentan desafíos únicos en la gestión de su cultura organizacional, que pueden afectar su rendimiento empresarial. Además, la alineación de la cultura organizacional con la estrategia empresarial puede ser un factor crítico para el rendimiento empresarial en el contexto ecuatoriano. De acuerdo con la investigación de [15, 19–21], las empresas que logran alinear su cultura organizacional con su estrategia empresarial tienden a tener un rendimiento superior, incluso en entornos empresariales volátiles y desafiantes, como el de Ecuador.

Según [16, 22–25], las diferencias culturales pueden influir significativamente en la conducta organizacional y el rendimiento empresarial. En el contexto ecuatoriano, estas diferencias culturales pueden manifestarse en la forma en que los empleados perciben y responden a la cultura organizacional, lo que puede tener un impacto significativo en el rendimiento empresarial. En este estudio se ha proporcionado una visión valiosa de la relación entre la cultura organizacional y el rendimiento empresarial. Sin embargo, también ha destacado la complejidad de esta relación y la necesidad de más investigación en esta área. Futuros estudios podrían explorar en mayor profundidad cómo los factores contextuales, como el sector de la empresa y su estrategia empresarial, influyen en la relación entre la cultura organizacional y el rendimiento empresarial.

5. Conclusión

Este estudio ha explorado la relación entre la cultura organizacional y el rendimiento empresarial, proporcionando una visión valiosa de cómo los valores, creencias, normas y comportamientos compartidos en una organización pueden influir en su éxito. Los resultados han demostrado que la cultura organizacional puede tener un impacto significativo en el rendimiento empresarial, afectando a una serie de factores claves, desde la motivación de los empleados hasta la toma de decisiones. Sin embargo, también han destacado la complejidad de esta relación, sugiriendo que puede ser influenciada por una serie de factores contextuales y moderadores.

El estudio también destaca la importancia de tener en cuenta los factores moderadores al evaluar la relación entre la cultura organizacional y el rendimiento empresarial. Por ejemplo, la cultura organizacional puede ser más efectiva en organizaciones que tienen una estructura clara y un liderazgo sólido, que en organizaciones que son más descentralizadas o tienen una estructura menos clara. Además, la cultura organizacional puede ser más efectiva en organizaciones que tienen una

gran diversidad de empleados en términos de género, edad y antecedentes culturales, ya que puede fomentar la inclusión y la innovación.

Además, este estudio ha demostrado que existen correlaciones significativas entre aspectos específicos de la cultura organizacional y medidas de rendimiento. Estos hallazgos sugieren que ciertos aspectos de la cultura, como la adaptabilidad, los valores compartidos y la orientación al cliente, pueden estar particularmente asociados con un rendimiento superior. Sin embargo, también sugieren que la relación entre la cultura organizacional y el rendimiento empresarial puede ser no lineal y puede ser influenciada por factores como la alineación entre la cultura y la estrategia empresarial.

Se destaca que ciertos aspectos de la cultura organizacional, como la adaptabilidad, los valores compartidos y la orientación al cliente, pueden estar particularmente asociados con un rendimiento superior. Al considerar estos factores, los líderes de la organización pueden desarrollar una cultura organizacional que sea efectiva para mejorar el rendimiento empresarial y el éxito a largo plazo de la organización.

Este estudio también ha destacado la importancia de las percepciones y experiencias de los líderes y empleados con respecto a la cultura organizacional. Estos hallazgos pueden proporcionar una visión más detallada y matizada de la cultura que las medidas cuantitativas por sí solas. Sin embargo, también sugieren que las mismas pueden ser influenciadas por una serie de factores, como el rol de la persona en la organización, su nivel de experiencia y su personalidad. Por lo tanto, pueden ser necesarios enfoques personalizados para evaluar la cultura organizacional para diferentes grupos de empleados y líderes.

En conclusión, este estudio ha proporcionado una visión valiosa de la relación entre la cultura organizacional y el rendimiento empresarial. Sin embargo, también ha destacado la complejidad de esta relación y la necesidad de más investigaciones en esta área. Futuros estudios podrían explorar en mayor profundidad cómo los factores contextuales, como el sector de la empresa y su estrategia empresarial, influyen en la relación entre la cultura organizacional y el rendimiento empresarial. Además, podrían explorar cómo las percepciones y experiencias de los líderes y empleados pueden ser utilizadas para moldear y mejorar la cultura organizacional de manera efectiva.

Contribución de autores: Los autores participaron en todas las etapas del manuscrito.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Schein, E. H. *Organizational culture and leadership* (Vol. 2). John Wiley & Sons. **2010**.
2. Deal, T. E.; Kennedy, A. A. *Corporate cultures: The rites and rituals of corporate life*. Addison-Wesley. **1982**.
3. Kotter, J. P.; Heskett, J. L. *Corporate culture and performance*. Free Press. **1992**.
4. Sørensen, J. B. The strength of corporate culture and the reliability of firm performance. *Administrative Science Quarterly*. **1992**, 47(1), 70-91.
5. Burbano, R. El entorno empresarial en Ecuador: desafíos y oportunidades. *Revista de Economía y Negocios*. **2018**, 5(1), 45-60.
6. Pazmiño, M. Cultura organizacional y su impacto en la gestión empresarial: un estudio de caso en empresas ecuatorianas. *Revista de Administración de Empresas*. **2019**, 59(2), 120-135.
7. Denison, D. R. *Corporate culture and organizational effectiveness*. John Wiley & Sons. **1990**.
8. Trice, H. M., & Beyer, J. M. (1993). *The cultures of work organizations*. Prentice-Hall.

9. Kaplan, R. S.; Norton, D. P. The balanced scorecard--measures that drive performance. *Harvard Business Review*. **1992**, 70(1), 71-79.
10. Brigham, E. F.; Ehrhardt, M. C. *Financial management: Theory & practice*. Cengage Learning. **2013**.
11. Ryan, R. M.; Deci, E. L. Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*. **2000**, 25(1), 54-67.
12. Judge, T. A.; Thoresen, C. J.; Bono, J. E.; Patton, G. K. The job satisfaction-job performance relationship: A qualitative and quantitative review. *Psychological Bulletin*. **2001**, 127(3), 376.
13. Scopus. **2023**.
14. Cameron, K. S.; Quinn, R. E. *Diagnosing and changing organizational culture: Based on the competing values framework*. John Wiley & Sons. **2011**.
15. Torres, A.; Tribó, J. A. Customer satisfaction and brand equity. *Journal of Business Research*. **2011**, 64(10), 1089-1096.
16. Mestanza-Ramón, C., Ordoñez-Alcivar, R., Arguello-Guadalupe, C., Carrera-Silva, K., D'Orio, G., & Straface, S. (2022). History, Socioeconomic Problems and Environmental Impacts of Gold Mining in the Andean Region of Ecuador. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 19, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/ijerph19031190>.
17. Gavilanes Montoya, A. V., Esparza Parra, J. F., Chávez Velásquez, C. R., Tito Guanuche, P. E., Parra Vintimilla, G. M., Mestanza-Ramón, C., & Vizuete, D. D. (2021). A Nature Tourism Route through GIS to Improve the Visibility of the Natural Resources of the Altar Volcano, Sangay National Park, Ecuador. In *Land* (Vol. 10, Issue 8). <https://doi.org/10.3390/land10080884>
18. Ramón, C. M., Villacís, M. A. T., & García, A. E. C. (2020). Tortugas Charapa un aporte para el turismo comunitario y conservación de la biodiversidad. *Explorador Digital*, 4(1), 55-65.
19. Mestanza-Ramón, C., Cunalata-García, Á. E., Jiménez-Gutiérrez, M. Y., & Chacha-Bolaños, A. N. (2019). Disposición a pagar por el ingreso a zonas de uso público en el Parque Turístico "Nueva Loja", Sucumbíos-Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 4(2), 67-82.
20. Castillo-Vizuete, D., Gavilanes-Montoya, A., Chávez-Velásquez, C., Benalcázar-Vergara, P., & Mestanza-Ramón, C. (2021). Design of nature tourism route in Chimborazo Wildlife Reserve, Ecuador. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10), 5293.
21. Aguirre-Vélez, S., & Mestanza-Ramón, C. (2022). Indicadores de sostenibilidad turística enfocados al turismo comunitario: Caso de estudio Comunidad Kichwa "Shayari", Sucumbíos-Ecuador. *Green World Journal*, 5(2), 017. <https://doi.org/10.53313/gwj51017>
22. Poma, P., Usca, M., Polanco, M., Toulkeridis, T., & Mestanza-Ramón, C. (2021). Estimation of biogas generated in two landfills in south-central Ecuador. *Atmosphere*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/atmos12101365>.
23. Sánchez Capa, M., Mestanza-Ramón, C., & Sánchez Capa, I. (2020). Perspectiva de conservación del suelo en la Amazonía ecuatoriana. *Green World Journal*, 3(2), 009. <https://doi.org/https://www.greenworldjournal.com/doi-022-wgj-2020>.
24. Guala, P., Monar, R., & Mestanza-Ramón, C. (2022). Diversidad alfa de pteridofitas en el bosque siempre verde de tierra bajas de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo, Sucumbíos – Ecuador. *Green World Journal*, 5(1). <https://doi.org/10.53313/gwj51014>.
25. Hofstede, G.; Hofstede, G. J.; Minkov, M. *Cultures and organizations: Software of the mind*. Revised and expanded. McGraw-Hill. **2010**.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

La participación ciudadana como política sostenible en la vivienda social del Ecuador: caso de estudio reasentamiento de Picoazá

Rodríguez-Loor Jhinson Jesús  ¹ Torres-Quezada Jefferson ² 

¹ Universidad Técnica de Manabí. Instituto de Posgrado, Av. Urbina y Che Guevara, Portoviejo, Ecuador.

² Universidad Católica de Cuenca, Vargas Machuca, Cuenca, Ecuador.

 Correspondencia: jrodriguez4241@utm.edu.ec  + 593 99 741 9573

DOI/URL: : <https://doi.org/10.53313/gwj62071>

Resumen:

En los últimos años en Ecuador se ha hablado mucho de la participación ciudadana en las diferentes instancias del acontecer social. Sin embargo, en muchos casos ha quedado en una simple retórica en donde el ciudadano común es un simple espectador de las decisiones y políticas de Estado. En este artículo se analiza el impacto que tiene un proyecto con participación ciudadana en la sostenibilidad de este tomando como caso de estudio el reasentamiento de Picoazá en Portoviejo. El estudio evalúa un reasentamiento de viviendas con tres etapas diferentes y con tres grupos de familias que fueron reubicadas al encontrarse la mayoría de ellas en zonas de riesgo. El grupo de familias de la primera etapa pasaron por un proceso de involucramiento desde el diagnóstico, socialización del diseño de las viviendas donde se incluyó su aporte en el diseño de los espacios públicos que comparten en la actualidad. Los otros dos grupos fueron reubicados sin una previa socialización del proyecto y además sin considerar los vínculos familiares o de vecindad.

Palabras claves: Participación ciudadana, diseño participativo, sostenibilidad, involucramiento, empoderamiento.

Citizen participation as a sustainable policy in social housing in Ecuador: case study resettlement picoazá

Abstract: In recent years in Ecuador there has been much talk about citizen participation in the different instances of social events. However, in many cases it has remained a simple rhetoric where the common citizen is a simple spectator of the decisions and policies of the State.

This article analyzes the impact of a project with citizen participation on its sustainability, taking the resettlement of Picoazá in Portoviejo as a case study. The study evaluates a resettlement of houses with three different stages and with three groups of families that were relocated since most of them were in risk areas. The group of families from the first stage went through a process of involvement from the diagnosis, socialization of the design of the houses where their contribution was included in the design of the public spaces that



Cita: Rodríguez-Loor, J. J., & Torres-Quezada, J. (2023). La participación ciudadana como política sostenible en la vivienda social del Ecuador: caso de estudio reasentamiento de Picoazá. Green World Journal, 6(2), 071. <https://doi.org/10.53313/gwj62071>

Received: 02/May /2023

Accepted: 13/Jun /2023

Published: 19/Jun /2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.
Creative Commons Attribution (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

they currently share. The other two groups were relocated without prior socialization of the project and also without considering family or neighborhood ties.

Keywords: Citizen participation, participatory design, sustainability, involvement, empowerment.

1. Introducción

La vivienda de interés social desempeña un papel fundamental en la planificación urbana, ya que una vivienda diseñada adecuadamente, teniendo en cuenta las características, necesidades y expectativas de los usuarios, su entorno y su relación con la ciudad, resulta crucial para el desarrollo psicológico y social. Además, contribuye a la sustentabilidad urbana, eleva el bienestar de las personas y reduce los costos futuros, al tiempo que minimiza el impacto ambiental. Sin embargo, los enfoques predominantes en América Latina para la gestión de la vivienda de interés social se han centrado en aspectos cuantitativos, dejando de lado la calidad y, en particular, el diseño (Pérez-Pérez, 2016).

En Ecuador, la Ley Orgánica de Vivienda de Interés Social (LOVIS), aprobada el 9 de marzo de 2022, define la vivienda de interés social (VIS) como una vivienda adecuada y digna, subsidiada y preferentemente gratuita, destinada a satisfacer las necesidades habitacionales de la población en situación de pobreza o vulnerabilidad, así como de los grupos de atención prioritaria (Morán Villegas, 2023). Con el fin de lograr una planificación urbana eficiente y ordenada, Ecuador ha implementado programas de reasentamiento desde finales de los años ochenta y principios de los noventa, con el propósito de reubicar a familias que viven en zonas de riesgo o que carecen de vivienda, tanto en áreas urbanas (formales e informales) como en zonas rurales. El reasentamiento se considera esencialmente como una forma de desplazamiento involuntario, ya sea debido a causas naturales o antropogénicas, según lo señala Castañeda León (2018).

En el artículo 3, literal "j", de la LOVIS se hace mención a la "participación ciudadana" como la intervención y colaboración activa de la sociedad civil, tanto individualmente como a través de organizaciones sociales, en la toma de decisiones, la coproducción de planes urbanos, la gestión urbana, el monitoreo y la rendición de cuentas en todas las escalas de la planificación urbana. Según (Pérez-Pérez, 2016), el desarrollo de viviendas para los sectores beneficiados debe basarse en el ser humano y sus características individuales, y no solo en la mitigación de la indiferencia estatal en temas sociales y en los estímulos económicos que puede generar la industria de la construcción inmobiliaria (Pineda et al., 2018).

La participación comunitaria ha sido reconocida como una estrategia altamente efectiva para empoderar a las personas más pobres y vulnerables en la búsqueda de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Yeung & McGee, 1989). En el contexto de los proyectos de viviendas sociales, la participación comunitaria permite la implementación de un enfoque de diseño participativo que integra tanto aspectos técnicos como sociales, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las familias. (Ballén Zamora, 2009) introduce un nuevo paradigma denominado "producción social del hábitat y la vivienda", el cual promueve una visión integral que abarca el hábitat y la vivienda, y establece principios y valores relacionados con la democracia, participación, organización ciudadana, equidad, solidaridad y sustentabilidad.

El diseño participativo puede ser una herramienta valiosa si se tienen en cuenta las necesidades específicas de las familias en el ámbito de la vivienda. Según (Benavides & Jaramillo, 2017) las viviendas "formales", especialmente los conjuntos habitacionales destinados a personas con recursos económicos limitados, suelen ser planificadas y construidas en masa, lo que implica que su diseño se basa en tipologías específicas que no consideran los requisitos o particularidades de sus ocupantes. Esta estandarización de viviendas en los proyectos habitacionales, en contraste con la

necesidad de adaptarse a la realidad y diversidad de las familias, contribuye al déficit cualitativo de las viviendas de interés social en Ecuador (Segre, 2005).

Además, es necesario considerar parámetros como las condiciones físicas del territorio, las condiciones sociales y culturales de la población objetivo, y la participación ciudadana en los procesos. Esto permitiría incorporar estos espacios al territorio y establecer modelos que puedan ser seguidos en futuras planificaciones (Guillen et al., 2008).

Considerando lo expuesto por (Couret & Párraga, 2019) la vivienda es un proceso en constante evolución en el cual las familias la adaptan a lo largo de su vida para satisfacer sus necesidades y posibilidades cambiantes. Por lo tanto, los proyectos de vivienda de interés social deberían anticipar y orientar estas transformaciones progresivas con el objetivo de lograr la mejor calidad posible con el menor costo. Por otro lado, (Fuster-Farfán, 2019) destaca que existen investigaciones de casos que han demostrado buenas prácticas en la política de vivienda social, describiendo su composición y procesos participativos. Sin embargo, se necesita una reflexión más profunda sobre cómo estas experiencias pueden impulsar una política sostenible que fomente procesos colectivos.

Según (Gerscovich et al., 2004) las soluciones habitacionales producidas con la participación del Estado son el resultado de decisiones tomadas en el ámbito público nacional, provincial o municipal. Estas decisiones deberían involucrar todas las etapas del proceso productivo, desde la formulación de políticas, planes y programas hasta su ejecución, teniendo en cuenta la gestión, el diseño, la construcción y la asignación. Sin embargo, muchas políticas públicas y planes de vivienda social carecen de una socialización previa al proyecto y minimizan la participación de las familias beneficiarias.

En el ámbito latinoamericano, la inclusión de la participación ciudadana se formalizó durante la XII Cumbre Iberoamericana, celebrada en Portugal en 2002, donde se reconoció la necesidad de promover acciones que respaldaran esta iniciativa y fortalecer a las organizaciones representativas de la sociedad civil, con el objetivo de garantizar una participación colectiva más activa en los asuntos de la vida pública (Viviana, 2017).

Según menciona (Córdova, 2015) haciendo referencia a Carrión (1996), las políticas de vivienda han sido concebidas e implementadas desde una perspectiva reduccionista centrada en el déficit cuantitativo de viviendas. A pesar de que han transcurrido más de tres décadas desde que los reasentamientos en Ecuador comenzaron a surgir, la situación sigue igual, y el caso del reasentamiento de Picoazá en el cantón de Portoviejo no es una excepción. Aparentemente, lo "cualitativo" no es una prioridad para los gobiernos, lo cual ha llevado a que la mayoría de los beneficiarios de viviendas de interés social no estén satisfechos con las propiedades que reciben, debido a la escasa participación de la sociedad en las políticas sociales.

Las experiencias mencionadas por varios autores destacan la importancia de la participación ciudadana como una política sostenible en los proyectos de vivienda social en Ecuador, que beneficia principalmente a la población en situación de pobreza y extrema pobreza. Es fundamental reconocer que las políticas sociales desempeñan un papel crucial al promover un desarrollo integral de la sociedad para mejorar su calidad de vida, así como al generar mecanismos de participación ciudadana que faciliten la inclusión de los ciudadanos y evalúen el rendimiento y la eficacia de dichas políticas sociales, contribuyendo así a mejorar las condiciones de vida y reducir la desigualdad social.

En nuestro país, las políticas sociales en el ámbito de la vivienda carecen de una dirección clara que contribuya a una solución integral en el desarrollo del hábitat de las familias. Por lo tanto, es necesario proponer políticas en las que el uso de la participación pueda mejorar las condiciones

físicas, urbanas y sociales de los nuevos asentamientos que surjan en el país. En base a lo expuesto, esta investigación tiene como objetivo analizar el impacto de la participación ciudadana a través del diseño participativo como una estrategia y política sostenible para la vivienda social en Ecuador.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

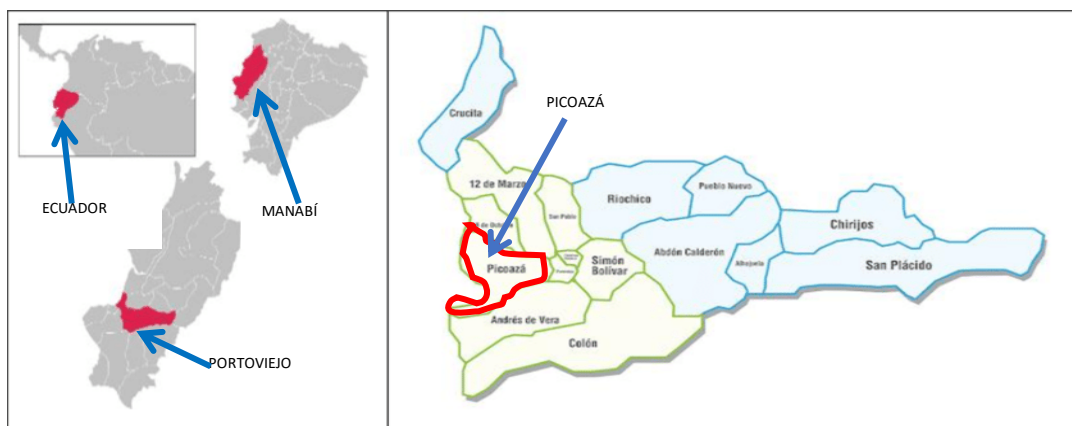


Figura 1. Ubicación a nivel de Latinoamérica, a nivel del Ecuador, a nivel de la Provincia y a nivel cantonal



Figura 2. Implantación general de las tres etapas en el Reasentamiento Picoazá

El caso de estudio escogido es el Reasentamiento de Picoazá, distribuido en tres etapas que fueron asentándose en años diferentes. Picoazá es una parroquia urbana del cantón Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador, está situada en el lado occidental de la ciudad de Portoviejo y tiene una población cercana a los 19.000 habitantes. «Picoazá» era una población indígena que ya existía antes de la llegada de los españoles. Pizarro la descubrió por 1531, al iniciar la conquista del Imperio de los Incas, y culminada esta, en los primeros años de la colonia fue integrada a la Tenencia de Puerto Viejo lo que hoy es Portoviejo.

Picoazá es uno de los sectores de Portoviejo que presta las condiciones para la expansión urbana de la ciudad, los terrenos donde se asentaron las tres etapas del reasentamiento en estudio fueron donados por el Municipio local para la construcción de las viviendas. Para entender los resultados de esta investigación es necesario hacer un preámbulo respecto al proceso que vivió cada uno de los beneficiarios de las familias en las diferentes etapas del reasentamiento de Picoazá del cantón Portoviejo.

2.2. Materiales y metodos

El enfoque de estudio es correlacional, transversal con alcance descriptivo, de naturaleza mixta, es decir cuali-cuantitativo, ya que se identificó características de las variables en estudio. La investigación es de campo y documental porque se presentará mediante la manipulación de una variable externa no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o porqué causas se produce una situación o acontecimiento particular. Se visitó el lugar donde se realizó el proyecto y se socializó con los involucrados la información recolectada. Para valorar el impacto de la participación ciudadana en la consecución de un proyecto social de vivienda tomamos como muestra un reasentamiento que fue construido en la parroquia urbana Picoazá en tres etapas como solución al problema del déficit habitacional tanto cuantitativo como cualitativo en varios sectores de Portoviejo. El común de las familias que fueron reubicadas tiene como característica principal haber vivido en zona de alto riesgo en las colinas de Portoviejo.

La investigación tenía como meta evaluar el grado de participación y satisfacción de los beneficiarios respecto a las siguientes variables:

- Participación en las etapas de diseño del proyecto en general;
- Participación en las distintas etapas de ejecución del proyecto;
- Participación en las distintas etapas de consolidación del proyecto;
- Grado de satisfacción respecto a la vivienda y el entorno.

Para ello se utilizó tres métodos: (i) la observación directa enfocados en la estructura de la vivienda, los espacios públicos y la convivencia entre beneficiarios en cada etapa, esta se realizó durante el desarrollo de la presente investigación que llevó cerca de tres meses con visitas periódicas a diferentes horas al reasentamiento; (ii) la encuesta aleatoria a familias de cada etapa que permitiera una valoración cualitativa de dos variables: la participación y el grado de satisfacción respecto a la vivienda y el entorno; (iii) la entrevista directa al promotor técnico social que acompañó todo el proceso a los beneficiarios del Reasentamiento María de la Asunción en la primera etapa y que más adelante participó en la selección de los beneficiarios para las etapas II y III. Con el entrevistado se tuvo varios acercamientos que contribuyó a la elaboración de la encuesta, el conocer un poco más de los procesos que él vivió en las diferentes etapas, para luego aterrizar en la pregunta que más adelante se le haría.

Para definir el tamaño de muestra de familias encuestadas, se utilizó la fórmula de Población Finita con un nivel de confianza del 80% y un margen de error del 5% para cada una de las etapas del reasentamiento, luego se utilizó una de las calculadoras de la web que aplica la fórmula de la Población Finita.

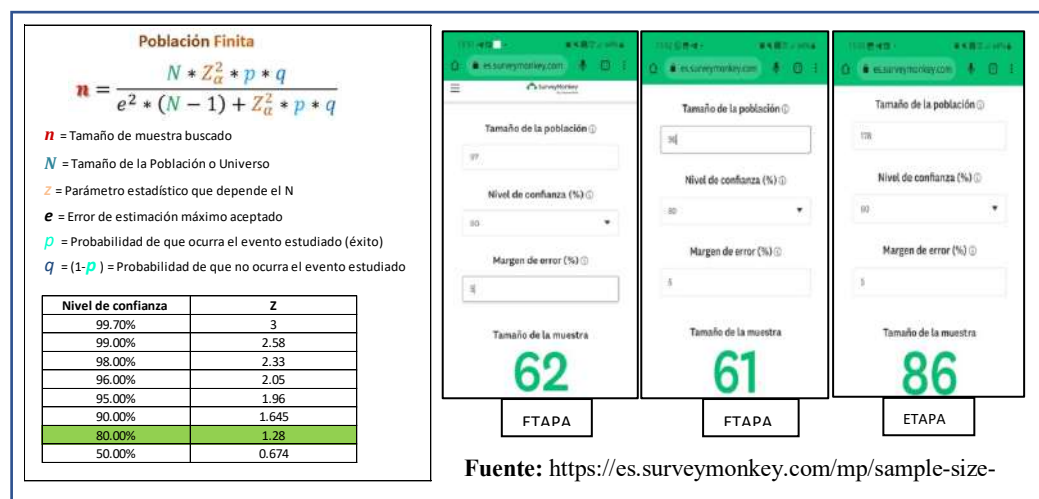


Figura 3. Cálculo de población finita.

2.2.1. Etapa I – Virgen de la Asunción

Los beneficiarios de la primera etapa, conocida como Asentamiento Virgen de la Asunción comenzaron su recorrido para la obtención de su vivienda cuatro años atrás, antes de recibir sus casas, con el programa de Habitabilidad Básica ejecutado por la ONG CESAL con sede en España y presencia en algunos países latinos, este programa que tuvo un apoyo económico en las primeras 59 viviendas por parte del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) con el bono de la vivienda y del (Gobierno Autónomo Descentralizado) GAD Municipal de Portoviejo en la donación del terreno de más de 4 hectáreas. que luego serviría también para las viviendas de las dos etapas siguientes, buscaba dar una solución integral al problema del hábitat en el sector donde intervinieron, priorizando la participación ciudadana en cada uno de los procesos con mayor o menor involucramiento dependiendo de las actividades que se iban desarrollando teniendo como metodología el diseño participativo. El programa inició con un reconocimiento del territorio de las familias de la zona conocida como Loma del Calvario donde se asentaban aproximadamente 250 familias de las cuales alrededor de 100 estaban en zona de riesgo alto por deslizamientos de tierras y que además vivían en viviendas vetustas de muy mala calidad con limitaciones espaciales y hacinadas, además carecían de los servicios básicos.

El programa que se implantó para estas familias se lo considera un proyecto piloto en donde prevalecía la participación ciudadana en cada uno de los momentos, las familias participaban de talleres en torno a temas del hábitat en donde daban a conocer la problemática en todos los ambientes. Los primeros talleres estuvieron dedicados al diagnóstico de cada una de las familias que habitaban en la zona alta de la Loma del Calvario que permitía a los proponentes del programa conocer la realidad de cada habitante del sector y tomar las decisiones para las propuestas que se iban dando en el desarrollo del proyecto. El involucramiento de las familias en cada uno de los procesos fue esencial ya que permitía tener las pautas para desarrollar los diseños de las diferentes actividades planteadas que llevaran al cumplimiento del objetivo, entre ellos el diseño de la vivienda y los espacios públicos con las áreas verdes incluidas.

2.2.2. Etapa II – Virgen de Guadalupe.

La etapa II a quienes sus beneficiarios la llamaron “Virgen de Guadalupe” está compuesta por 96 familias de diferentes zonas de Portoviejo, especialmente de las colinas del cantón. Muchos de ellos, antes de ser reubicados en un reasentamiento tuvieron que ser albergados en un hotel que había sido embargado por el gobierno, en donde a cada familia se le asignó una habitación en su mayoría de las mismas dimensiones, en donde se ubicaron familias sin importar el número de sus miembros provocando en algunos casos hacinamiento. Estas familias vienen de las colinas de Portoviejo sobre la Cota 70, durante la época de invierno sus viviendas sufrieron ciertas afectaciones especialmente por deslizamientos, existía otro grupo de familias que vivían en las riberas del río y que año a año sufrían por las inundaciones en época de lluvias.

2.2.3. Etapa III.

La etapa III está compuesta por 178 familias, al igual que los de la etapa II los beneficiarios vienen en su mayoría de las colinas de Portoviejo y también fueron afectados por los deslizamientos provocados por las lluvias. Al igual que los de la Etapa II, estos dos grupos fueron removidos de sus viviendas y trasladados primeramente a un albergue provisional que prorrogaron su estadía más allá del tiempo establecido, muchas familias permanecieron allí por más de dos años a la espera de la asignación de una vivienda que les había prometido el gobierno a través del MIDUVI.

2.3. Fechas de construcción de las viviendas en las diferentes etapas

La primera etapa del Reasentamiento de Picoazá fue construida en dos fases, la Fase I se construyó en el año 2010 con viviendas de una planta adosadas en hileras que constó de 59 unidades, en donde se reubicaron familias con hasta 5 miembros, el financiamiento de estas

viviendas fue con recursos del Estado a través del MIDUVI y una pequeña contraparte de la ONG CESAL. La Fase II se construyó en el año 2010 con 38 unidades, distribuidas de la siguiente manera: 11 viviendas de una planta, 26 viviendas de dos plantas y 1 vivienda de tres plantas, todas con la característica de viviendas adosadas y en hileras como máximo en grupo de 6 unidades. Es importante destacar que en esta segunda fase las familias fueron ubicadas en los tres tipos de vivienda acorde el número de miembros de su núcleo familiar.

La segunda etapa fue construida el 2015 y albergó a 96 familias de diferentes barrios de Portoviejo, estas viviendas son palafíticas con proyección a crecimiento espacial en la planta baja. Las familias aquí asentadas no tuvieron un proceso de socialización de sus viviendas, fueron instaladas sin tomar en cuenta los vínculos familiares o al menos los vínculos vecinales.

La tercera etapa donde se reubicaron a 178 familias se terminó de construir en 2020 y al igual que los beneficiarios de la segunda etapa fueron asignadas sus viviendas a través de un sorteo de ubicación y así mismo sin considerar los vínculos familiares o vínculos con vecinos más cercanos. Ellos tampoco tuvieron un proceso de socialización sobre las viviendas en las que iban a habitar. La mayoría de sus beneficiarios se mudaron a sus nuevas viviendas aún sin estar concluidas y con las obras de infraestructura básica inconclusas, especialmente lo que son aceras y bordillos y las respectivas vías, de igual manera las áreas verdes.

Como dato adicional hay que señalar que todas las viviendas tienen proyección de crecimiento vertical, sin embargo, no ha existido un control urbanístico por parte de las autoridades municipales o una proyección arquitectónica que debió ser entregada por quienes ejecutaron el proyecto y evitar así el crecimiento desordenado.

3. Resultados

3.1. Resultados del análisis de la observación directa

Se realizó una observación directa al reasentamiento en sus tres etapas percibiendo que la calidad constructiva de la primera etapa estaba en buenas condiciones, aunque se apreciaba puntualmente cierto descuido en algunas viviendas especialmente en la pintura de fachada, se observó además en algunas viviendas que habían realizado algún tipo de ampliación, una intervención desordenada y anti técnica donde el ente regulador en uso de suelos y construcciones como es el GAD Municipal permitió crecer sin aprobación alguna. En la segunda y tercera etapa el crecimiento progresivo desordenado no es la excepción.



a). VIVIENDAS ETAPA 1



b). VIVIENDAS ETAPA 2



c). VIVIENDAS ETAPA 3

Figura 4. Modelo de viviendas en las diferentes etapas

Por otro lado, se observaron las áreas verdes y espacios públicos en cada una de las etapas y se nota una enorme diferencia entre la primera y las dos etapas adyacentes. Los de la primera etapa a través de un diseño participativo construyeron sus espacios públicos de acuerdo a sus necesidades en donde consideraban algunas costumbre que tenían en su anterior barrio, fueron ellos mismos quienes ayudaron a construir los espacios públicos y sembraron sus propios árboles, en los primeros años que fueron reubicados, eran ellos quienes le daban mantenimiento, pero al pasar los años ese buen hábito fue desapareciendo y hoy se nota un gran deterioro en los espacios públicos construidos por ellos mismos. Aun así se rescata la gran cantidad de árboles sembrados por ellos mismos alrededor de sus viviendas y en los espacios destinados como áreas verdes lo que hoy les permite vivir en un ambiente más fresco.



Figura 5. Espacios públicos y áreas verdes en la etapa I, diseñadas y construidas por los propios beneficiarios



Figura 6. Estado actual de espacios públicos y áreas verdes en la etapa I, diseñadas y construidas por los propios beneficiarios

En la etapa II se observó pocas áreas para espacios públicos y zonas verdes, cuando se construyó el reasentamiento se dejaron terrenos para construir lugares de esparcimientos como parques, canchas y casa comunal, pero hasta la fecha no se ha logrado concretar nada aún. En la actualidad estos terrenos destinados para espacios públicos se han improvisado canchas y áreas verdes en algunos costados de las viviendas que están en la vía principal.



Figura 7. Áreas asignadas para espacios públicos y zonas verdes en la Etapa II

En la etapa III las familias mostraban conformidad por las áreas verdes, ya que cada manzana contaba con su propio espacio verde y equipamiento de juegos infantiles. Al momento se nota un buen mantenimiento en donde algunas familias se encargan de darle mantenimiento, además tienen poco menos de tres años construidos. Es importante recalcar que cuando las familias fueron a ocupar las viviendas, no contaban con calles ni con áreas verdes, estas se fueron construyendo con la presencia de las familias pernoctando en sus casas. Los espacios públicos y áreas verdes fueron construidos por el contratista encargado de la construcción de las viviendas.



Figura 8. Áreas asignadas para espacios públicos y zonas verdes en la Etapa III

Otro aspecto que se analizó en la observación directa, respecto a la estructura de equipamientos, es que al contrario de la etapa I, en la etapa II y III no se dejaron espacios para el área comercial, lo que hace que se improvisen pequeñas tiendas en alguna de las viviendas. De la información que se pudo recabar en la observación directa es que en la Etapa I, en los espacios que dejaron para áreas comerciales se ha improvisado viviendas que han albergado a un par de familias de forma ilegal, lo que evidencia que el poco acompañamiento y control por parte de las autoridades competentes llevan a cometer estas ilegalidades.



Figura 9. Zona destinada para áreas comerciales ocupadas para improvisar viviendas informales.

La convivencia entre las familias de cada etapa también fue objeto de la observación directa, donde se ve un mayor grado de afinidad y mejor convivencia entre las familias de la primera etapa debido a que todos ellos vienen de un mismo sector y entre ellos son familiares. En las Etapas II y III la convivencia entre familias es bastante aceptable, esto se debe a que muchos de ellos tuvieron una convivencia en común cuando fueron albergados en un hotel antes de ser reubicados en el reasentamiento. Sin embargo se observó que algunas familias que no estuvieron albergadas les cuestan la convivencia entre ellos.



Figura 10. Convivencia entre familias

3.2.Resultado del análisis de la encuesta

El objetivo de la encuesta era realizar un análisis cualitativo que buscaba ver el grado de satisfacción en la participación de cada uno de los procesos del proyecto como las distintas etapas del diseño, ejecución y consolidación, y que además permitiera ver el involucramiento de los beneficiarios antes, durante y después del proyecto. También se analizó el grado de satisfacción respecto a la vivienda y su entorno, en la que se consultó sobre algunas variables como espacio, iluminación, clima, calidad de la construcción, espacios comunes y áreas verdes, obras de infraestructura y servicios básicos, convivencia con los vecinos, acompañamiento y seguimiento de instituciones competentes, entre otras.



Figura 11. Levantamiento de información a través de la encuesta

3.2.1. Grado de participación en distintas etapas de diseño, ejecución y consolidación.

En los tres momentos de participación que se consultó a las familias se plantearon preguntas como Participación en el diseño de vivienda, espacios comerciales, espacios públicos y equipamientos, dentro de este componente se consulta también sobre la participación en el diagnóstico y socialización. Dentro de la etapa de la ejecución se les consultó sobre la participación

en: la construcción de viviendas, áreas comerciales, espacios públicos, además se les consultó sobre la asignación de las viviendas. En la consolidación del proyecto se hizo énfasis en la conformación de líderes, el acompañamiento que han tenido por parte de instituciones locales y gubernamentales, y se les consultó también sobre capacitaciones que han recibido ya sea para el cuidado de sus viviendas y áreas verdes y en otros aspectos.

De acuerdo al levantamiento de información realizada, la participación de la ciudadanía en los distintos procesos de diseño, ejecución y consolidación de los tres proyectos de vivienda social analizados en el Reasentamiento de Picoazá arrojó el siguiente resultado:

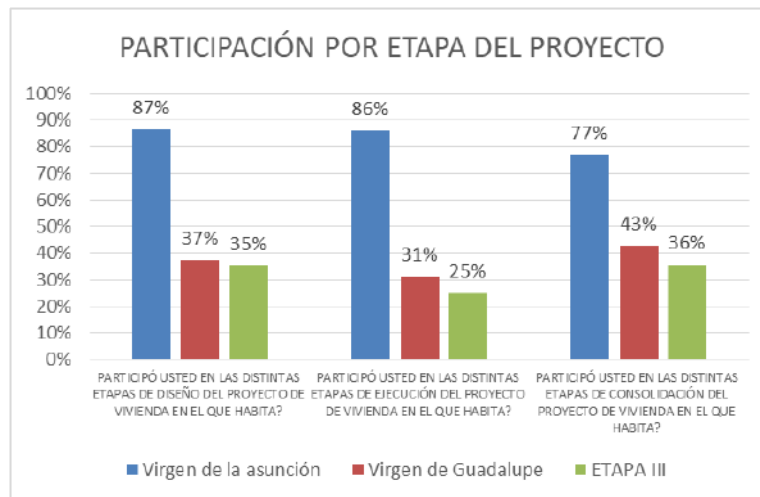


Figura 12. Porcentaje de Participación en cada etapa del proyecto.

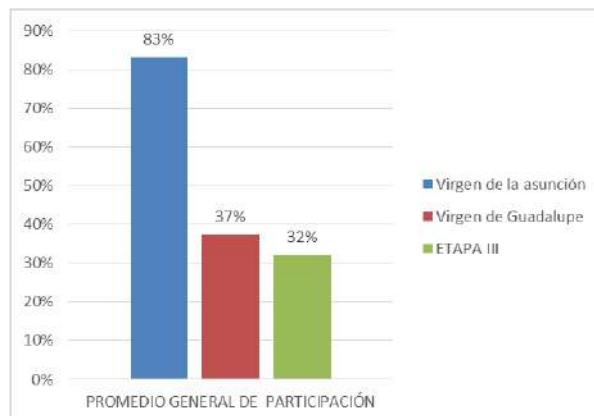


Figura 13. Promedio general de la participación.

El reasentamiento María de la Asunción, Etapa I, presenta una participación promedio del 83%, porcentaje distribuido en un 87% en las etapas de diseño de los distintos componentes del vecindario, un promedio del 86% en las etapas de construcción y del 77% en las etapas de consolidación del nuevo barrio. Se percibe que los beneficiarios de las viviendas están muy contentos, la mayoría las tienen mejoradas, cuidadas y han arreglado con arbolitos las áreas verdes se siente el ambiente armonioso entre vecinos, se sienten agradecidos con sus viviendas y satisfechos con ellos, como punto negativo destaca el poco mantenimiento que le han dado a los espacios públicos, donde se puede percibir la falta de mantenimiento tanto por parte de ellos como parte de las autoridades competentes

Los beneficiarios del proyecto Virgen de Guadalupe, Etapa II, participaron en un 37% en las etapas de diseños de las distintas facetas del proyecto, el 31% en las etapas de ejecución y el 43% en las de consolidación de la nueva comunidad, obteniendo como resultado una participación promedio del 37%, en esta etapa se puede visualizar que no se consideró ningún tipo de criterio de los beneficiarios en aspectos de vital importancia como la asignación de espacios para áreas verdes y comerciales que faciliten el encuentro y la recreación, la mitigación de impactos económicos y fomento del emprendimiento interno, adicionalmente no se incluyó los criterios necesarios para que estas familias participen en el proceso de legalización de sus predios ni en la programación de planes de acción de cara al mejoramiento y desarrollo de la nueva ciudadela.

En el caso del Reasentamiento de la Etapa III se alcanzó un promedio de participación del 32% distribuida así; el 35% fue tomado en cuenta para la socialización de los distintos diseños involucrados en la construcción del barrio, el 25% en etapas relacionadas con la construcción del proyecto y finalmente con un 36% en la consolidación del barrio, esto se refleja más adelante donde se visualiza un mediano porcentaje de satisfacción para con la vivienda y el barrio.

Un aspecto que llama bastante la atención en la Etapa de Consolidación es que, a la actualidad de esta investigación, las 371 familias que habitan en las tres etapas de este reasentamiento no tienen escrituras del terreno asignado a ellos, esto a pesar que existió el compromiso de entregar la titulación de los predios a cada uno de los beneficiarios.

3.2.2. Grado de satisfacción en cuanto a la vivienda y el entorno.



Figura 14. Encuestas a las familias del Reasentamiento de Picoazá

En el cuadro que se presenta respecto al grado de satisfacción de las familias para con sus viviendas, se puede evidenciar que el porcentaje de participación ciudadana en las distintas facetas de un proyecto inciden directamente en el bienestar de las familias, su relación con la comunidad y su visión de desarrollo comunitario traducido en el nivel de satisfacción para con la vivienda y su entorno.

Así, Virgen de la Asunción (Etapa I) que tuvo un porcentaje de participación del 83% dice estar satisfecho con la vivienda y su entorno en un 71%. Virgen de Guadalupe (Etapa II) que tuvo un promedio de participación del 37% indica tener un porcentaje de satisfacción del 49%, y; el Reasentamiento de la Etapa III que pese a indicar que tuvo una participación promedio del 32% presenta un porcentaje de satisfacción del 54%.

Para entender los resultados de la encuesta respecto al grado de satisfacción con la vivienda, se consultó sobre diferentes aspectos:

9.- ¿Cuál es el nivel de satisfacción de su vivienda recibida de acuerdo a su necesidad habitacional?	10.- ¿Cuál es el nivel de satisfacción de su vivienda recibida de acuerdo al equipamiento urbano, los espacios públicos, servicios de infraestructura básica y seguridad?
a) Respecto a sus dimensiones	a) Respecto a las áreas verdes
b) Respecto a los y el números de espacios de la vivienda.	b) Respecto a los los espacios públicos
c) Respecto a la iluminación	c) Respecto al servicio de energía eléctrica
d) Respecto al ambiente interior (calor)	d) Respecto al servicio de agua potable
e) Respecto a la calidad de la construcción	e) Respecto al servicio de telefonía e internet
f) Respecto a las divisiones y ambientes disponibles	f) Respecto al servicio de recolección de basura
g) Respecto a las obras de infraestructura y servicios básicos	g) Respecto a los establecimientos educativos
h) Respecto a los espacios comunes y áreas verdes	h) Respecto a los servicios de salud pública
i) Respecto a la convivencia con los vecinos	i) Respecto al servicio de transportación pública
j) Respecto a la ubicación que le designaron	j) Respecto a la seguridad del lugar
k) Respecto al acompañamiento y seguimiento de instituciones competentes	

Figura 15. Preguntas planteadas en la encuesta respecto a la satisfacción con las viviendas

Al observar en el gráfico el nivel alto de satisfacción respecto a la vivienda, se observa que la Etapa I alcanza un grado de satisfacción del 71%, al ser partícipes del diseño de sus viviendas y los espacios públicos ven positivo el haber recibido una vivienda que en gran parte llenaban sus expectativas, esta primera etapa que tuvo dos fases cuenta con tres tipologías de viviendas de acuerdo al número de integrantes por familias, pese a ello más de la cuarta parte de los entrevistados en esta etapa muestran un mediano grado de satisfacción ya que los miembros en sus familias han crecido y la vivienda les resulta pequeña, este crecimiento se debe a algunos de sus miembros crecieron y llegaron a comprometerse en pareja y viven con sus cónyuges e hijos en la misma casa.

En la Etapa II hay un grado de satisfacción alto del 48%, esto se debe a la baja satisfacción respecto a los espacios públicos y áreas verdes, una mediana satisfacción respecto a la calidad constructiva de la vivienda esto se debe a que en el terremoto del 16 de abril de 2016 de 7.8° en la escala de Richter más de 10 viviendas colapsaron (las mismas que fueron reconstruidas) y la mayoría de las 96 casas construidas allí sufrieron afectaciones estructurales y de mamposterías, donde el Estado tuvo que darles un bono de reparación de USD 4.000,00. La parte espacial de la vivienda es otro de los aspectos de mediana satisfacción de las familias de esta etapa, ya que las viviendas que constan de sala, comedor y cocina en un solo ambiente, dos dormitorios, un baño general no satisficieron a los beneficiarios ya que en su mayoría los miembros por familia superaban las 5 personas.

La Etapa III refleja un grado alto de satisfacción con el 54% respecto a la vivienda que recibieron, al igual que los de la Etapa II con un 49%, la parte espacial de la vivienda es uno de los aspectos de insatisfacción de las familias de esta etapa, ya que las viviendas que constan de sala, comedor y cocina en un solo ambiente, dos dormitorios, un baño general, la misma que no satisfizo a los beneficiarios ya que en su mayoría los miembros por familia superaban las 5 personas. Otro de los puntos que refleja este porcentaje de satisfacción es la inconformidad respecto al patio trasero de las viviendas, donde apenas tienen 2 mts. de retiro posterior, contrarrestando con los de la Etapa I y II cuyos patios o retiros posteriores superan los 6 mts.

Uno de los aspectos en que las tres etapas en estudio coinciden en estar medianamente satisfechos es en el acompañamiento de las instituciones públicas como MIDUVI, Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES), GAD Municipal, quienes al inicio del proyecto recibían visitas y acompañamiento constantes, pero desde hace más de tres años este acompañamiento es casi nulo.

Este escaso acompañamiento por parte de los entes correspondientes ha repercutido en forma negativa a las diferentes etapas del reasentamiento en estudio, entre ellos el crecimiento progresivo desordenado y anti técnico de las viviendas, dando paso a la autoconstrucción sin regulación alguna por parte del GAD Municipal donde se puede apreciar aumentos de la vivienda ocupando los retiros tanto del patio frontal como posterior, que más allá de dar una solución espacial se convierte en problema de hacinamiento. En el caso de la Etapa I, se construyeron viviendas con posibilidad de crecimiento progresivo vertical, pero al no tener un asesoramiento técnico ni control alguno, las familias beneficiarias optan por ocupar los espacios de retiro aprobados por el Municipio. A más de esto se nota un significativo deterioro en las fachadas e interiores de las viviendas.



Figura 16. Crecimiento progresivo desordenado y sin control en Etapa I

La Etapa II donde se construyeron viviendas palafíticas con posibilidad de crecimiento en la planta baja se puede decir que el crecimiento progresivo ha sido un poco más ordenado, donde las familias optan por dejar la planta alta para dormitorios y la planta baja como espacio para ambiente social (sala, comedor y cocina), en esta etapa las casas cuentan con un patio frontal de 1.5 m. y 6.00 m de patio posterior. Se percibe un mejor acabado en el crecimiento progresivo y un esfuerzo por mantener fachadas arquitectónicamente, se puede decir agradable para su medio.



Figura 17. Crecimiento progresivo desordenado y sin control en Etapa II

El caso de la Etapa III es similar en cuanto al crecimiento progresivo, pero manifiestan su malestar por los espacios de los patios tanto frontal de 1.50 m. como posterior de 2.00 m. Se puede decir que a pesar de que sus viviendas son palafíticas con crecimiento progresivo en la planta baja, la autoconstrucción y la deficiencia arquitectónica son notorias, con ciertas excepciones.



Figura 18. Crecimiento progresivo desordenado y sin control en Etapa II

Como se puede apreciar en las fotografías de crecimiento progresivo en las diferentes etapas, ese desorden y la autoconstrucción se evitarían si hubiese un seguimiento más a menudo de las instituciones vinculadas a esta problemática social. Se nota claramente que el control por parte del departamento de planificación y control territorial del GAD Municipal ha estado ausente, lo que conlleva al desorden ya mencionado. Esto sin lugar a dudas pone en riesgo a las familias que aún tienen en memoria los estragos del último terremoto y esto nos lleva a un análisis: “se ha aprendido muy poco del terremoto del 16 A de 7.8° en la escala de Richter”.

3.3. Resultados del análisis de la entrevista

Para llevar a cabo la entrevista que de una u otra manera avale lo investigado en este Reasentamiento Involuntario, se contactó al Ing. Jorge González Pilay, Técnico Social, que fue parte del Programa de Habitabilidad Básica que concluyó con la reubicación de 97 familias que vivían en zona de alto riesgo en el sector conocido como Loma del Calvario en Picoazá, luego por la experiencia adquirida en este programa fue contratado por la Empresa Pública PORTOVIVIENDA (adscrita al GAD Municipal de Portoviejo) para identificar y reubicar a familias que vivían en zonas de riesgo en diferentes barrios de Portoviejo. Para saber más sobre el impacto de la participación ciudadana en estos proyectos de vivienda social se le planteó una pregunta que daría un análisis desde su perspectiva sobre el involucramiento de las familias. La pregunta planteada fue:

¿Cuáles son las lecciones aprendidas de la experiencia de reasentamientos involuntarios con diferentes grados de participación de los beneficiarios en los procesos de ejecución de dichos proyectos?

La participación directa de los beneficiarios en los distintos procesos de ejecución de los proyectos de vivienda en los que participan ha permitido identificar algunas lecciones respecto a la incidencia de esta participación en la satisfacción de las familias para con la vivienda, con los vecinos y para con toda la comunidad en la que se inserta. Por ejemplo:

- A mayor grado de participación en la socialización de los proyectos de vivienda, los beneficiarios han podido;
 - Identificar a los posibles líderes del nuevo asentamiento gracias a las instancias de discusión, proposición y crítica que se genera en dichas socializaciones.
 - Tener claros conceptos de importancia general que comúnmente por la no participación generan desconocimiento y terminan siendo motivo de interrupción a los procesos constructivos.

- La participación ciudadana en los diseños de una vivienda social suele considerarse una utopía, pero en los casos de familias con muy escasos recursos económicos se ha podido identificar la apertura de las mismas para la aceptación de viviendas básicas con posibilidades de crecimiento progresivo e incluso para proponer espacios cerrados sólo en su perímetro para en lo posterior ejecutar divisiones de los distintos ambientes.
- La participación en la socialización efectiva de la vivienda y en la capacitación para el buen uso de la misma ha permitido tener familias apercebidas y anticipadas ante los distintos cambios que genera el traslado, cambios como;
 - Pasar de viviendas (aunque vetustas) más espaciales a las de los proyectos menos espaciales, de esta manera las familias se han anticipado deshaciéndose de pertenencias no útiles y no necesarias para su uso en la nueva vivienda, evitando que en el nuevo sitio se acumulen enseres en las partes frontales y posteriores de las mismas. En el caso del reasentamiento María de la Asunción se puede identificar la puesta en práctica de este concepto a diferencia de los otros dos reasentamientos en los que muchas familias colocaron enseres hasta en las escaleras de sus viviendas por no haber realizado la previsión necesaria, de la misma manera se han dado casos en los que ciertas familias tenían más de 2 mascotas que tras el traslado se convirtieron en un problema hasta sanitario por la falta de previsión al no haber comprendido el espacio y ambientes disponibles, otro ejemplo es la presencia de plantas y arbustos trasladados durante el cambio ya que no se trabajó el desapego a esta sana pero dificultosa costumbre (dificultosa en el nuevo sitio de vivienda).
 - Pasar de viviendas híper ventiladas a viviendas con menor ventilación, ya que se ha identificado un alto índice de queja sobre la vivienda tanto por espacios limitados como por menor ventilación, quejas que se han minimizado en los casos en los que se trabajó estos cambios con la debida anticipación.
- La participación ciudadana en el diseño y construcción de espacios comunes y áreas verdes en Virgen de la Asunción (Etapa I) permitió el apropiamiento, cuidado y sostenibilidad de los mismos, la minimización de problemas y conflictos vecinales, fomento de la organización y fortalecimiento del tejido social, no así en el caso de los otros dos reasentamientos en los que ni siquiera se consideró estos espacios y las relaciones vecinales y la generación del tejido social han tomado mayor tiempo y esfuerzo.
- La definición conjunta de los colores para las viviendas permitió generar un gusto especial por la vivienda, mantener el enfoque de orden, la apropiación de barrio y la organización para la adquisición conjunta de materiales e insumos para la renovación de los colores.
- La participación de las familias de Virgen de la Asunción en la definición de la metodología de sorteo de viviendas permitió identificar la necesidad de no incidir de manera negativa en las relaciones y vínculos familiares y vecinales, esto favoreció un rápido fortalecimiento del tejido social a diferencia de los reasentamientos en los que si bien los sorteos se hicieron basados en este principio, la metodología llegó construida y con vínculos y relaciones familiares y vecinales no identificadas, permitiendo de esta manera en muchos casos una mezcla de familias originarias de distintos lugares, con distintas costumbres y poco relacionamiento.
- La participación comunitaria en la construcción de planes de gestión provocó que los líderes puedan contar con herramientas necesarias para la gestión del desarrollo y mejora de la comunidad, la rápida obtención de equipamiento complementario, como es el caso de la escuela construida junto a Virgen de la Asunción gestionada por sus líderes. Otro

logro de esta gestión es haber conseguido que las líneas de transporte urbano pasen por la nueva ciudadela

- La construcción de las normas de convivencia, en el caso de María de la Asunción, permitieron la apropiación de las mismas ya que surgieron desde los mismos beneficiarios a diferencia de los otros reasentamientos en los que las normas de convivencia llegaron construidas desde el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda – MIDUVI y los beneficiarios las sintieron más impuestas y con menos compromiso para su cumplimiento.

4. Discusión

De acuerdo al diagnóstico realizado utilizando la observación directa, la encuesta y la entrevista se puede decir citando (Atria, 2020) que en cuanto a la solución habitacional esta no sólo estriba en otorgar una vivienda social sino en cómo fortalecer las capacidades y satisfacer otras necesidades básicas de sus habitantes con miras a lograr una situación de vida más adecuada y satisfactoria para todas las familias que componen a este grupo de la sociedad.

Aplicando los tres métodos para evaluar la participación ciudadana nos da como resultado que un proyecto social garantiza en cierta forma su sostenibilidad, no solo con la elaboración del proyecto por parte de un equipo técnico multidisciplinario, sino que se hace imprescindible el involucramiento de las familias en todo el proceso “antes, durante y después”. Esto evita la segregación social y favorece la convivencia entre vecinos, como es el caso de la primera etapa del Asentamiento Virgen de la Asunción.

5. Conclusión

De los resultados de la investigación del grado de satisfacción de las familias del Reasentamiento de Picoazá en sus tres etapas tanto en la participación de los procesos como la complacencia por la vivienda adquirida, se deduce que la participación ciudadana juega un papel importante en la ejecución y sostenibilidad del proyecto de vivienda social, que lleva a los beneficiarios a empoderarse no solo de su vivienda sino de la nueva ciudadela de la que ahora son parte, tal como ha sucedido con las familias de la etapa uno conocida como Virgen de la Asunción.

Los proyectos de viviendas sociales del Estado aún siguen siendo creados desde una oficina con un equipo técnico multidisciplinario sin tener en cuenta la participación ciudadana. Las ONGs que interviene en este tipo de proyectos nos dan lecciones importantes de cómo llevar a cabo un proyecto a través del involucramiento del equipo técnico multidisciplinario con los beneficiarios donde no solo trabajan “para” las familias, sino que su trabajo es “con” las familias, de donde se puede concluir que el “para” y el “con” no deben estar divorciados al momento de ejecutar proyecto social alguno.

Las etapas de viviendas que tuvieron una mayor participación ciudadana tienen un alto grado de satisfacción que las que tuvieron una participación baja o nula, por tanto, la participación ciudadana es una herramienta de gran importancia que contribuye al mejoramiento de la calidad de vida de los grupos de las familias que intervinieron en el proyecto.

De lo analizado en toda esta investigación se concluye que la “participación ciudadana” de las familias beneficiarias de un proyecto, deben ser parte de las “políticas públicas” de la vivienda social. El beneficiario como destinatario principal no debe estar ausente en la toma de decisiones, su participación permitirá ir desterrando algunos aspectos negativos que atañen a la sostenibilidad de un proyecto como la segregación social, la estandarización de la vivienda social, entre otros aspectos.

Contribución de autores: Idea, tabulación, trabajo de campo, revisión, redacción, metodología, software, validación, edición (J.R.), revisión, supervisión (J.T).

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Ballén Zamora, S. A. (2009). *Vivienda social en altura: tipologías urbanas y directrices de producción en Bogotá*.
- Benavides, A. S. J., & Jaramillo, M. E. D. (2017). Arquitectura interior en viviendas de interés social: una ruptura de esquemas. *Revista Científica de Arquitectura y Urbanismo*, 38(1), 113–125.
- Castañeda León, J. A. (2018). *Diálogos ente lo teórico y experiencial: reasentamiento poblacional, ciudad informal y construcción territorial*.
- Córdova, M. A. (2015). Transformación de las políticas de vivienda social. El Sistema de Incentivos para la Vivienda en la conformación de cuasi-mercados en Ecuador. *Iconos. Revista de Ciencias Sociales*, 53, 127–149.
- Couret, D. G., & Párraga, J. F. V. (2019). Evolución de la vivienda de interés social en Portoviejo. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 12(23), 71–91.
- Fuster-Farfán, X. (2019). Las políticas de vivienda social en Chile en un contexto de neoliberalismo híbrido. *Eure (Santiago)*, 45(135), 5–26.
- Gerscovich, A., Mocciola, M. A., & Tellechea, J. (2004). *El mantenimiento asistido y participativo como estrategia de mejoramiento socio ambiental en conjuntos de vivienda social. Caso piloto en la Ciudad de Buenos Aires*.
- Guillen, A., Badii, M. H., Blanco, M., & Sáenz, K. (2008). La participación ciudadana en el contexto de desarrollo sustentable. *Innovaciones de Negocios*, 5(9).
- Morán Villegas, K. E. (2023). *Las viviendas de interés social “Los Manguitos” del cantón Balzar. Una propuesta interiorista y mobiliario sostenible*. Universidad de Guayaquil: Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
- Pérez-Pérez, A. L. (2016). *El diseño de la vivienda de interés social, La satisfacción de las necesidades y expectativas del usuario*.
- Pineda, D. A. B., Corredor, R. N., & Cano, V. A. (2018). Diseño de propuesta para la construcción de Vivienda de Interés Social en barrios populares cercanos a las centralidades de Bogotá: Una propuesta de ciudad sostenible. *Obtenido de <https://Repository.Ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15996/1/1.%20Proyecto%20de%20construcci%C3%B3n%20de%20VIS%20en%20Bogot%C3%A1.pdf>*.
- Segre, R. (2005). *Tres décadas de reflexiones sobre el hábitat latinoamericano* (Vol. 2). Univ. Nacional de Colombia.
- Viviana, F. (2017). *Participación ciudadana y hábitat residencial ¿Hacia dónde va la vivienda en Chile?* 165.
- Yeung, Y.-M., & McGee, T. G. (1989). *Participación comunitaria en la prestación de servicios urbanos en Asia*. CIID, Ottawa, ON, CA.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Análisis constructivo y de presupuesto de losas alivianadas de una dirección vs losas construidas en dos direcciones: estudio de caso en Cuenca y Azogues

Jonnathan Jesús Molina Ponce ¹  Claudio Fabricio Raiban Calle ¹  Jaime Xavier Nieto-Cárdenas ¹ 

¹ Universidad Católica de Cuenca, Campus Azogues.

✉ Correspondencia: jonnathan.molina.59@est.ucacue.edu.ec ☎ + 593 961473605

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62073>

Resumen: El artículo trata sobre losas alivianadas en una y dos direcciones utilizando sistemas de viguetas, bloques de poliestireno expandido y bloques de pómez, se analizan dos estructuras construidas, una en Cuenca y otra en Azogues. Entre estas estructuras existen diferencias, las más destacables son las metodologías de construcción y la evolución de los materiales debido a las épocas en que se construyeron. Se discute resultados de diseño de las losas alivianadas según la normativa ACI (American Concrete Institute) y se muestran técnicas de construcción de estas losas en nuestro medio. Se indican ventajas estructurales y económicas de estas losas alivianadas analizadas frente a las construidas. Se observó que las losas alivianadas poseen una capacidad a cortante reducida debido a la reducción de área por el alivianamiento colocado. Las zonas más críticas del diseño se producen en los momentos negativos ubicados en los extremos continuos del pórtico. Finalmente, se realizó una comparación entre las estructuras puestas en obra y las losas analizadas teóricamente, los resultados muestran que las losas alivianadas analizadas ofrecen mayores beneficios estructurales y económicos frente a los puestos en obra cumpliendo con las resistencias de diseño.

Palabras claves: losa alivianada, losa en dos direcciones, losa en una dirección, viguetas de CR, estructuras de concreto, losa nervada.

Construction and cost analysis of one-way lightened slabs vs. two-way slabs. Case of study in Cuenca and Azogues.

Abstract: The article deals with one- and two-directional slabs using joist systems, expanded polystyrene blocks and pumice blocks. Two structures built, one in Cuenca and the other in Azogues, are analyzed. There are differences between these structures, the most outstanding ones are the construction methodologies and the evolution of the materials due to the times in which they were built. The results of the design of relieved slabs according to ACI (American Concrete Institute) standards are discussed and construction techniques of these slabs in our country are shown. Structural and economic advantages of these relieved slabs analyzed versus built-up slabs are indicated. It was observed that the relieved slabs have a reduced shear capacity due to the reduction of area by the placed relief. The most critical areas of the design occur in the negative moments located at the continuous ends of the portal



Cita: Molina Ponce, J. J., Raiban Calle, C. F., & Nieto-Cárdenas, J. X. (2023). Análisis constructivo y de presupuesto de losas alivianadas de una dirección vs. losas construidas en dos direcciones. Estudio de caso en Cuenca y Azogues. Green World Journalworldjournal, 06(02), 15. <https://doi.org/10.53313/gwj62072>

Received: 01/junio /2023

Accepted: 03/junio /2023

Published: 14/julio /2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license. Creative Commons Attribution (CC BY). <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

frame. Finally, a comparison was made between the as-built structures and the theoretically analyzed slabs; the results show that the relieved slabs analyzed offer greater structural and economic benefits compared to the as-built structures complying with the design resistances.

Keywords: lightened slab, two-way slab, one-way slab, RC joists, concrete structures, ribbed slab.

1. Introducción

La búsqueda de ejemplos óptimos de estructura es una de las motivaciones del desarrollo de la ciencia en la construcción, con la finalidad de ahorrar tiempo y dinero, brindando características de resistencia y seguridad estructural. En consecuencia, la optimización estructural de losas de piso de hormigón armado son una palanca poderosa para que la industria de la construcción de hormigón aborde una neutralidad más ecológica [1,2]. A pesar de su relevancia, la sostenibilidad ecológica no es el único requisito que deben cumplir las losas de piso, algunos criterios para una estructura funcional son: seguridad estructural, durabilidad, servicialidad, estética e integración, sostenibilidad ambiental y eficiencia en la construcción. Uno de los problemas más importantes de la construcción en nuestro país es poder generar una reducción de los materiales de construcción y el peso en general de la infraestructura, esto debido al alto riesgo sísmico que posee el Ecuador [3]. Estas fuerzas laterales están en función de la masa total de la estructura, mientras más pesado sea la estructura, mayor la energía inercial absorbe en el sismo (vigas y columnas mas esforzadas), con esto se busca un ahorro en construcción y seguridad estructural con las losas alivianadas, se reduce el riesgo por fracaso de la estructura por sismo, esto implica una reducción en la carga muerta en general de la estructura [4].

Las losas alivianadas se pueden aplicar si se emplea nuevas estructuras eficaces y se utiliza elementos de construcción aligerados. La introducción de estructuras coladas in situ son muy efectivas y no son algo recientes dentro de la edificación civil e industrial en nuestro país. Esta metodología reduce el precio de la construcción de estructuras como viviendas, urbanizaciones, edificios, hospitales, entre otros. En la rama de la construcción de viviendas en general, se tiene muy mal desarrollados y no se siguen especificaciones para su construcción [5]. Según [5-7], las estructuras con mayor deriva corresponden a diseños más económicos (losas alivianadas), pero para reducir el riesgo sísmico recomienda el uso de losas macizas para disminuir las derivas y deflexiones de la estructura, aunque influyan en el aumento del costo final del proyecto. Sin embargo, otros autores [1,8-10] sugieren el diseño de losas alivianadas de hormigón reticular bidireccional, esto debido a su adaptabilidad, eficiencia energética y sísmicamente seguros; también presenta ventajas estructurales permitiendo utilizarla en edificios de luces entre 5 a 6 metros. Otros estudios sugieren para zonas sísmicas es muy conveniente el uso de losas con viguetas, además de representar importantes ventajas económicas y beneficiosas para las estructuras [2,11]. Las principales ventajas se muestran en la reducción del peso, con esto se puede reducir el tamaño de las vigas, columnas, zapatas y otros elementos de soporte de carga; con la disminución del peso de la estructura se reduce la fuerza sísmica, considerando una rigidez general de la estructura segura y no excesiva para una buena respuesta sísmica. En este estudio se presentan los resultados de diseño de dos losas alivianadas de la ciudad de Cuenca y Azogues. Se consideran aspectos constructivos y de diseño en función de la época de construcción, además se analizan las ventajas económicas que poseen este tipo de losas alivianadas. En el presente estudio se propone el diseño de losas alivianadas, se diseñan losas con nervaduras en dos direcciones y otra con viguetas en una dirección, cumpliendo con las normativas de la ACI y la NEC que norman en nuestro país, adicionalmente se refiere al AIS 114-17 [12] en las recomendaciones para losas con viguetas de concreto.

2. Materiales y métodos

Este trabajo se desarrolló a través de cálculos manuales, se siguió normativas del ACI (American Concrete Institute 1963 y 318-02) y de la NEC 2015 (Cargas No Sísmicas-CG y Hormigón Armado-HM), con ayuda del software EXCEL (versión libre) se desarrollaron hojas de cálculo para obtener las cargas actuantes y resistentes, momentos flectores, fuerzas cortantes, deflexiones, etc.; para poder discutir y comparar entre las secciones de concreto y el acero de refuerzo de las losas puestas en obra y las analizadas. Según [11], el uso de softwares para cálculos estructurales no es indispensable dentro de la práctica, comprobó un error despreciable entre el procesamiento de datos manual y softwares para cálculos estructurales complejos. A continuación, se muestran las ecuaciones utilizadas para el desarrollo del estudio, tener en cuenta que se utilizó el sistema MKS. La ecuación (1) muestra la Resistencia Nominal a flexión de una sección de concreto, donde M_u es el momento último en la sección crítica producida por las cargas de servicio factorizadas, que está en función respectivamente de las normativas de la ACI (1963 y 318-02), ϕ es el factor de 0.90 en flexión y b y d^2 corresponden a propiedades

geométricas de la sección de concreto, donde b es el ancho de la losa a analizar y d es el peralte efectivo de la sección de concreto medida desde la parte superior hasta el centro de la capa de refuerzo.

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} \quad (1)$$

Para la cuantía de acero (p) se muestra en la ecuación (2), donde $f'c$ es la resistencia del concreto en kgf/cm² y f_y es la resistencia de fluencia del acero en kgf/cm²:

$$p = \frac{0.85 f'c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0.85 f'c}} \right) \quad (2)$$

Dependiendo de la cuantía de acero que obtengamos con la ecuación (2), analizaremos los rangos de los diferentes tipos de cuantía de acero: real, balanceada, cuantía máxima por zona sísmica y cuantía de acero mínimo. Para la cuantía de acero real se muestra en la ecuación (3), donde A_s es el área de acero y A_c es la sección bruta de hormigón, se tiene en cuenta la cantidad de nervios de la losa en función de la luz:

$$p_{real} = \frac{A_s}{A_c} \quad (3)$$

Para la cuantía de acero balanceada se tiene la ecuación (4), esta hace referencia a la cantidad de acero que necesita una sección de hormigón para que puedan fallar al mismo tiempo, donde γ y β_1 son factores de seguridad para la flexión de 0.85, ϵ_u es la deformación unitaria del concreto (0.003) y ϵ_y es la deformación unitaria del acero (resulta la división entre f_y y el módulo de elasticidad del acero E):

$$p_{balanceada} = \gamma * \beta_1 * \frac{f'c}{f_y} \frac{\epsilon_u}{\epsilon_u + \epsilon_y} \quad (4)$$

En la cuantía de acero máxima por zona sísmica se tiene la ecuación (5), esta hace referencia a la cantidad de acero por actividad sísmica, esto dependerá de la región, en nuestro caso al ubicarnos en la cordillera de los Andes se presentan movimientos sísmicos, esta representa el 75% de la cuantía de acero balanceada:

$$p_{sismico} = 0.75 * p_{balanceada} \quad (5)$$

Para la cuantía de acero mínima se tiene la ecuación (6):

$$p_{min} = \frac{14}{f_y} \quad (6)$$

También se verifico los esfuerzos de corte transmitidos a la losa, esto depende de la luz y del porcentaje de carga se transmite a cada lado (lado largo de la losa y lado corto de la losa). La ecuación (7) muestra la capacidad de corte admisible que puede soportar el concreto sin que se presenten fallas, donde ϕ es un factor de corte con un valor de 0.75 y b_w es el ancho del nervio de la losa:

$$\phi V_c = \phi 0.53 \sqrt{f'c} b_w d \quad (7)$$

En cuanto las deflexiones (Δd y Δl) se analizaron para ambos sentidos de la losa (lado largo y lado corto), para las deflexiones máximas según la ACI se tiene por el tipo de miembro estructural, en este caso de pisos o techos que pueden ser dañados debido a deflexiones, siendo $l/480$ (Δ admisible), donde l es el largo de la losa. En este caso las deflexiones actuantes están en función de los momentos actuantes, la ecuación (8) y (9) muestran las deflexiones actuantes, donde l es la luz del paño a analizar e I_{eff} es la inercia de un nervio del total de la sección, Δd y Δl están en milímetros:

$$\Delta d = \frac{1}{16} \frac{M l^2}{E I_{eff}} \quad (8)$$

$$\Delta l = \frac{3}{32} \frac{M l^2}{E I_{eff}} (9)$$

Finalmente, se comprueba si son necesarios la construcción de ábacos o macizados, en este caso se obtiene el momento admisible y se lo verifica con la sumatoria de los momentos actuantes. La ecuación (10) muestra el momento último límite (Mu_{lim}), donde ϕ_f es un factor por flexión de 0.9, b es el ancho de los nervios que están en 1 m² de losa, y es 0.85*3/8 de d (peralte efectivo de la sección de concreto), h es la altura total de la losa y x_u es 3/8 de d .

$$Mu_{lim} = 0.85 * \phi_f * f'_c * b * y - \left(h - x_u \frac{y}{2} \right) (10)$$

Se muestra el análisis de precios unitarios para las losas calculadas vs. puesta en obra, se debe considerar que en este apartado no se consideran los precios unitarios de vigas borde, internas o columnas que sostienen la losa, también no se tiene en cuenta el precio del IVA (Impuesto de Valor Agregado), el transporte de los materiales a obra; en cuanto a la mano de obra puede influir considerablemente dependiendo de la zona de construcción.

2.1 Área de estudio

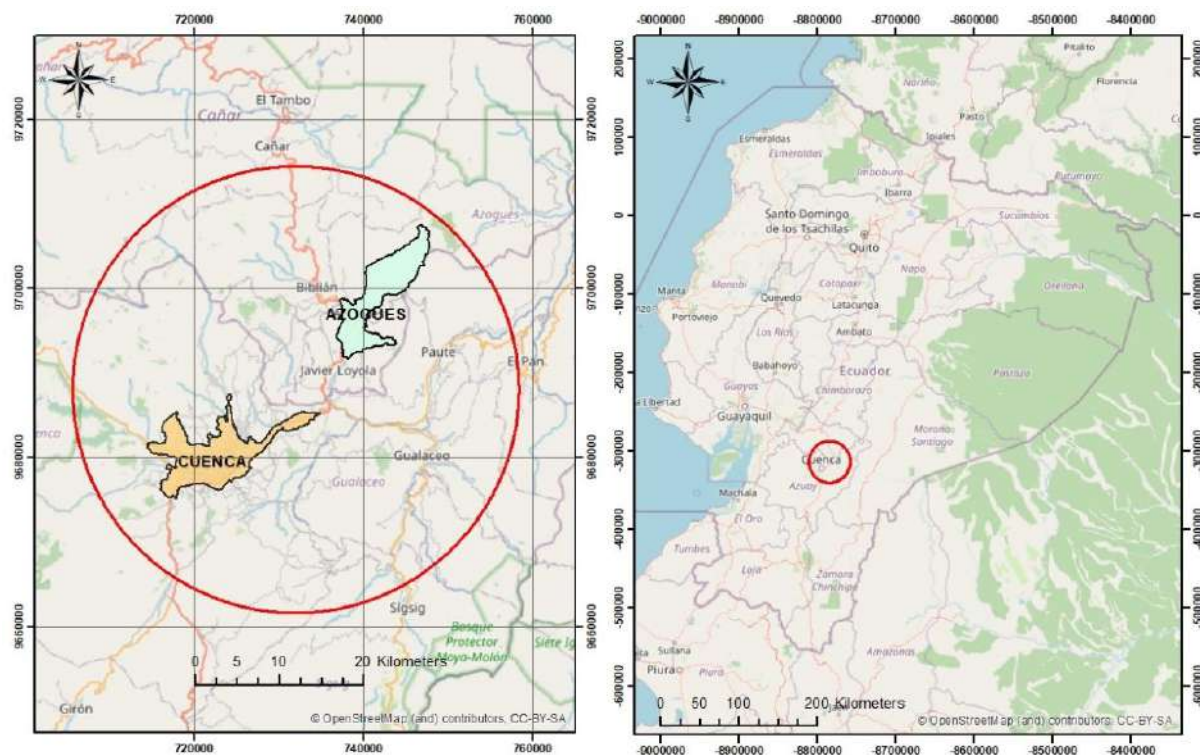


Figura 1. Ubicación de las losas puestas en obra. Fuente: [13].

Este estudio analiza dos losas construidas en 2 diferentes ciudades del sur del Ecuador (Figura 1). La primera estructura a analizar es la Unidad Educativa Particular "Sagrados Corazones", ubicada en la Av. Tres de Noviembre entre León XIII, y, Cuenca 010218. Esta obra comienza su construcción en febrero de 1985, los técnicos responsables de su cálculo y diseño fueron los Ings. Civiles Raúl Carrasco y Fabián Carrasco. Durante una inspección en la primera planta de la Unidad Educativa no se observó fisuras, grietas o alguna anomalía que comprometieran elementos estructurales (losas, vigas y columnas) o la seguridad para los docentes y alumnos que trabajan en esta institución (Figura 2). La segunda estructura está ubicada en la ciudad de Azogues (sector Charasol, Ciudadela de los Olivos Etapa II), esta estructura está en fase de construcción, con esto el estudio mostrará el proceso de construcción de losas en nuestro medio. El técnico responsable de su cálculo y diseño es el Ing. Civil Rómulo Ricardo Romero González. En este estudio se presentan los resultados de diseño de dos losas alivianadas de la ciudad de Cuenca y Azogues. También se consideran aspectos de construcción y diseño

en función de la época de su edificación, las ventajas económicas y técnicas que posee este tipo de losas alivianadas.



Figura 2. Inspección a la Unidad Educativa "Sagrados Corazones", no se encontró anomalías en su estructura. Ciudad de Cuenca.

Fuente: Propia (30 de marzo de 2023).



Figura 3. Proceso de Fundición de la losa alivianada con bloque pómez en la ciudad de Azogues.

Fuente: Propia (17 de abril de 2023).

1.2 Métodos

Se cuenta con los planos estructurales de ambas losas construidas (se anexan al final de este estudio), para ambos casos se analiza la losa central de la primera planta y se comparara con los planos estructurales los resultados obtenidos de nuestro diseño siguiendo las normativas de la ACI (318-02 y 1963) y ANSI/ASME B18.5.1-2014. Para ello propondremos casos y combinaciones de carga que nos da la NEC-2015 y poder así determinar la altura de la losa, el ancho de los nervios y el acero de refuerzo, cabe recalcar que estas losas no están diseñadas para resistir cargas sísmicas. Con estos datos podremos discutir e inferir los resultados obtenidos de nuestro diseño y compararlos con los planos estructurales. Primeramente, se obtienen las cargas permanentes

o muertas en base a los diseños puestos en obra y con las inspecciones realizadas en campo se deduce el tipo de uso que tiene la estructura. La Figura 4 muestra las secciones de losas alivianadas de los casos a analizar. La asignación de cargas utilizadas fueron de las normativas ASCE/SEI 7-22 y NEC Cargas No Sísmicas 2015.

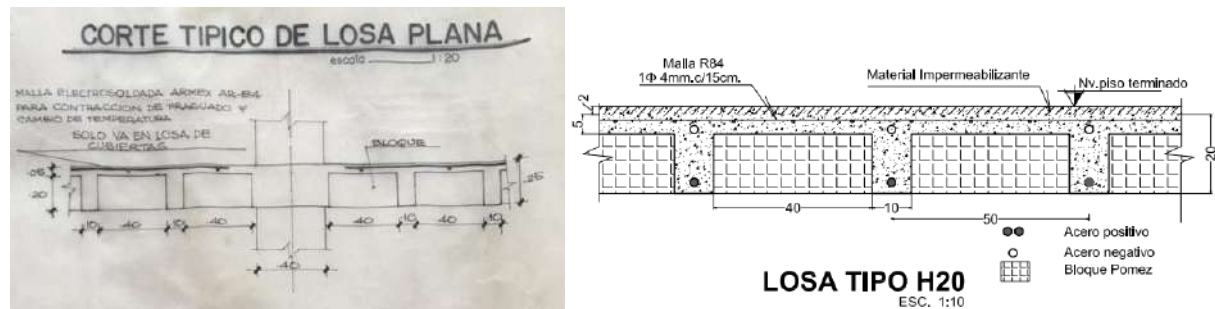


Figura 4. Secciones de losas alivianadas.

Fuente: Propia (Autorizada por los desarrolladores de los proyectos de construcción).

Para el diseño de momentos flectores (actantes y resistentes), fuerzas cortantes, deflexiones, se utilizó las fórmulas que proponen ACI-318-02 y ACI 1963, con el fin de obtener el acero de refuerzo y secciones de losa necesarios para cumplir con los requisitos de una estructura funcional. Para la losa construida en 1985 se utilizó una versión anterior de la ACI (1963) y la ACI-318-02 para poder comparar los momentos de diseño y las cuantías de acero obtenidas. En la Tabla 1 se tienen las cargas permanentes aplicadas sobre las losas, la Tabla 2 muestra las cargas variables (vivas) por unidad de área y la Tabla 3 muestra los precios unitarios de cada actividad incluyendo el precio de materiales y mano de obra para obtener el precio por metro cuadrado de cada losa alivianada. En cuanto a los precios unitarios se consideraron los rendimientos en obra y precios en nuestra zona de estudio actuales (no considera IVA), y en para los casetones para alivianar se obtuvo en base a fichas técnicas proveniente de Italia (Tabla 3 – Actividad 7), cabe recalcar que este precio puede elevarse por su importe, además que este estudio propone el desarrollo de nuevas tecnologías de construcción en nuestro país. La Figura 5 muestra la sección del casetón de la empresa GeoPlast (Italia), con esto se analiza la losa con viguetas y se obtienen las cantidades de obra para realizar comparativas entre las losas puestas en obra y las analizadas [14].

Tabla 1. Cargas permanentes aplicadas sobre las losas.

Cargas	Tipo de Carga	Carga	Normativa
1	Peso propio de la estructura, hormigón armado.	2400 kgf/m ³	NEC (tabla 8, Apéndice: 4.1, Cargas muertas: pesos materiales)
2	Cielo raso e instalaciones	50 kgf/m ²	ACI (tabla 4.5.3.1 A, Cargas muertas mínimas elementos no estructurales)
3	Pared con ladrillo panelón y mortero.	220 kgf/m ²	NEC (tabla 8, Apéndice: 4.1, Cargas muertas: pesos de los materiales) y ASCE/SEI 7-22
5	Baldosas de cerámica con mortero de cemento, por cada cm de espesor.	75 kgf/m ²	NEC (tabla 8, Apéndice: 4.1, Cargas muertas: pesos de los materiales)

Tabla 2. Cargas variables aplicadas sobre las losas.

Tabla 3. Precios Unitarios

Cargas	Tipo de Carga	Carga	Normativa
1	Unidades Educativas - Aulas	200 kgf/m ²	NEC (tabla 9, Apéndice: 4.2, cargas vivas: sobrecargas mínimas)
2	Habitaciones de Hotel, residencias multifamiliares	200 kgf/m ²	NEC (tabla 9, Apéndice: 4.2, cargas vivas: sobrecargas mínimas)

Actividad	Rubro	Unidad	Precio (\$)
1	Bloque de Poliestireno	u	1.48
2	Bloque Pómez	u	0.25
3	Acero de refuerzo fy 4200 kg/cm ²	kg	1.98
4	Malla electrosoldada R-84	m ²	2.90
5	Hormigón f'c 210 kg/cm ² bombeado para losa	m ³	132.44
6	Alquiler de Encofrado	m ²	1.89
7	Casetón para alivianar	u	10.00

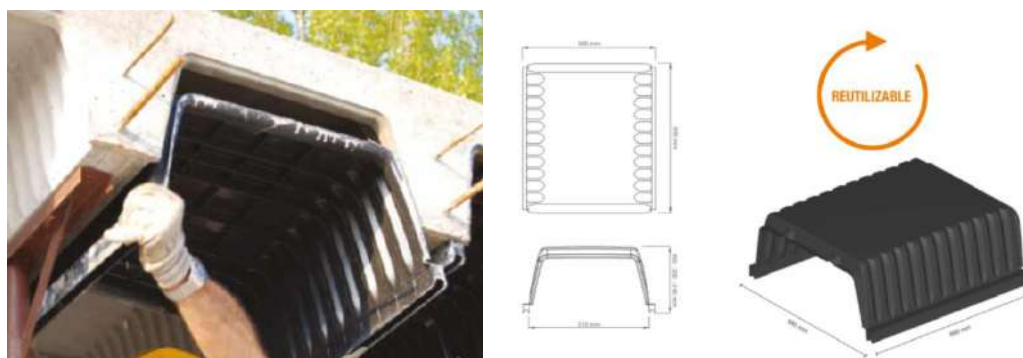


Figura 5. Sección de casetón para losa con viguetas. Fuente: [14].

2. Resultados

La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos del análisis de cargas y combinaciones de la losa de la Unidad Educativa "Sagrados Corazones" en la ciudad de Cuenca. Se obtuvo el centroide y la inercia de la losa de obra (respecto del eje x) por metro cuadrado, su centro de gravedad es igual a 16.94 cm y una inercia de 39097.22 cm⁴, con esto obtuvimos el espesor de una losa maciza de 16.74 cm para un 1 m². Algunas recomendaciones de la ACI para losa plana con vigas un espesor mínimo de 9 cm y utilizando la fórmula $l_n/40.7$ tenemos 12.16 cm (longitud libre/40.7), en nuestro caso podemos inferir que la losa alivianada esta mayorada un 27 % con respecto de los 12.16 cm (longitud libre/40.7), esto por las cargas que se aplicaron en el diseño de 1985. Con los resultados comparados con las dos metodologías se obtuvieron las mismas cuantías de acero, también considerando las cuantías de acero por riesgo sísmico. Para la dirección larga, tanto para los momentos negativos y positivos se consideró 1 Ø de 10 mm @ nervio en la parte superior y en la inferior. Para la dirección corta, tanto para los momentos negativos y positivos se consideró 1 Ø de 12 mm @ nervio en la parte superior y en la inferior. Considerando el esfuerzo cortante máximo (ϕV_c) que se le puede transferir al concreto es de 1324.87 kgf, de acuerdo a los cálculos no es necesario utilizar estribos para los nervios. Con respecto a la cortante en líneas de rotura se tiene en la losa un valor máximo de trabajo del 80% de su capacidad (considerando con factores de mayoración en la combinación de carga). De acuerdo con las deflexiones máximas permisibles según la ACI 318-12 para el lado largo es de 10.31 mm y para la dirección corta es de 7.92 mm, en este caso las deflexiones actuantes no superan el 15% y el 22% para ambos lados respectivamente. Además de esto se analizó el momento último en los aceros superiores (momentos negativos) donde se conectan con los diferentes paños de la losa, esto con la finalidad de obtener si es necesario o no el macizado de la losa (ábacos), en este caso con la sección de losa alivianada tenemos un momento último de 2428.98 kgf·m/m, esto nos indica que si los momentos actuantes son superiores al momento último será necesario la fundición de un ábaco. La losa de la Unidad Educativa "Sagrados Corazones" no requiere ábacos, pero en los planos estructurales constan, esto a factores

como el tipo de carga y la metodología de diseño, hay que considerar que el momento resistente se reducirá entre un 20 y 30%. En general los hierros obtenidos de nuestro análisis coinciden con los planos estructurales, pero solo considera malla electrosoldada en la cubierta y no en los pisos inferiores. Finalmente, nuestra losa analizada en 2 direcciones incidirá en los precios unitarios ya que se genera un ahorro al no existir la necesidad de generar macizos en la losa alivianada.

Tabla 4. Resultados losa construida "Sagrados Corazones"

	Características	ACI-1963	ACI-318-02.	Unidad
Geometría de la losa	Longitud (Lado Largo)	5.35		m
	Longitud (Lado Corto)	4.80		m
	Espesor mínimo para losa. (ln/40.7)	9.00		cm
	Espesor asumido.	25.00		cm
Geometría de las nervaduras	Ancho de bloque	40.00		cm
	Profundidad de bloque	40.00		cm
	Alto del casetón	20.00		cm
	Espesor del nervio	10.00		cm
Hormigón	f _c	210.00		kgf/cm ²
Acero	f _y	4200.00		kgf/cm ²
Combinación	1.2 D + 1.6 L	1088	1088	kgf/m
Lado Largo	Momento negativo	586.49	666.47	kgf·m
	Momento positivo	279.13	355.45	kgf·m
Lado Corto	Momento negativo	1084.04	1047.38	kgf·m
	Momento positivo	518.45	581.88	kgf·m
Esfuerzo Cortante	Lado Largo	74.32	80.51	kgf
	Lado Corto	180.67	175.92	kgf
Deflexiones	Lado Largo	1.13	1.56	mm
	Lado Corto	1.42	1.74	mm

En la Tabla 5 y 6 se muestra el costo de la losa analizada en dos direcciones y la losa puesta en obra por metro cuadrado. Para los rubros de hormigón y acero de refuerzo, se considera un porcentaje de pérdidas del 5 y 10% respectivamente, con este valor del precio final se le aumento un 5% para las 2 losas. Podemos asumir que la construcción con ábacos no es necesario para la de losa, esto implica más material y mano de obra, además de gran masa que soportan las vigas y columnas de la estructura en general, y que se transmiten a las zapatas. Para la losa puesta en obra se tiene **40.23** dólares por m² y la losa analizada de **32.76** dólares m². Como se muestran en las tablas 5 y 6 existe una diferencia de 958.03 dólares entre las losas. Existen muchos factores que van a cambiar el costo real de la losa puesta en obra como el cambio de moneda (en 1985 se utilizaba el sucre hasta 1999), precios de materiales y mano de obra de aquella época, además de la metodología y tiempo de construcción que se utilizó, estos factores pueden elevar el costo de la losa por metro cuadrado.

Tabla 5. Datos losa analiza 2D "Sagrados Corazones"

Act.	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
1	Bloque de Poliestireno	u	1095.00	1.08	1182.60
3	Acero de refuerzo f _y 4200 kg/cm ²	kg	476.18	1.98	942.84
4	Malla electrosoldada R-84	m ²	134.47	2.90	389.96
5	Hormigón f _c 210 kg/cm ² bombeado para losa	m ³	18.44	132.44	2442.19
6	Alquiler de Encofrado	m ²	141.43	1.89	267.30
Total			1865.52	140.29	5224.90

Tabla 6. Datos losa construida "Sagrados Corazones"

Act.	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
1	Bloque de Poliestireno	u	913.00	1.08	986.04
3	Acero de refuerzo f _y 4200 kg/cm ²	kg	1028.37	1.98	2036.16
4	Malla electrosoldada R-84	m ²	0.00	2.90	0.00
5	Hormigón f _c 210 kg/cm ² bombeado para losa	m ³	21.85	132.44	2893.42
6	Alquiler de Encofrado	m ²	141.43	1.89	267.30
Total			2104.64	140.29	6182.92

Teniendo en cuenta que existe un ahorro en precio por m² en la losa en 2 direcciones analizada en comparación a la puesta en obra del 22.80%, esto debido a que no es necesario la construcción de macizados o ábacos en la losa y también es mucho más ligera con un 19.44 %. Esto nos indica que se puede reducir las secciones de las columnas, vigas y zapatas de la estructura en general, puesto que se reduce la carga muerta también existirá una reducción de masa sísmica y reducción de carga sobre la estructura vertical. Ahora bien, el estudio también analiza el desarrollo de losa con viguetas en una dirección, esta metodología es muy aplicada en países de Europa como Italia, donde usan este sistema debido al alto riesgo sísmico que existe, esto con el fin de reducir la masa sísmica y las vibraciones que se generan en las losas [15]. Con los cálculos obtenidos se obtuvo una cuantía mínima para la sección o nervio de la losa, es necesario una varilla de 1 Ø de 12 mm para la parte superior e inferior del nervio, y para la sección maciza es necesario 8 varillas de Ø de 12 mm por cada metro de losa, la Tabla 7 muestra los materiales y el costo total de la losa con viguetas, hay que tener en cuenta que se usaron ganchos en forma de "S" para sujetar el acero superior e inferior con la normativa ANSI/ASSE A10.9-2013 [16], con este análisis se tiene un precio de **73.09** dólares por m². La Tabla 8 muestra la comparativa de los 3 sistemas de losas analizados en cuanto a peso y costo, además de tomar como punto de referencia a la losa construida y compararla con los dos sistemas de losas alivianadas analizadas y ver su diferencia porcentual. La Figura 6 y 7 muestra las secciones de losas alivianadas (nervada y viguetas) y un histograma comparativo donde se resume las diferencias porcentuales que existen entre la losa construida y las losas alivianadas.

Tabla 7. Datos losa 1D "Sagrados Corazones"

Act.	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
7	Casetón para alivianar	u	395.00	10.00	3950.00
3	Acero de refuerzo fy 4200 kg/cm2	kg	1894.53	1.98	3751.17
4	Malla electrosoldada R-84	m ²	134.47	2.90	389.96
5	Hormigón f'c 210 kg/cm2 bombeado para losa	m ³	14.94	132.44	1978.65
6	Alquiler de Encofrado	m ²	141.43	1.89	267.30
Total			2580.37	149.21	10337.09

Tabla 8. Comparativas losas "Sagrados Corazones"

Características	Losa 1D Viguetas	Losa 2D Nervada	Losa construida
Precio (\$/m2)	73.09	32.76	40.23
Peso (Tn)	37.75	44.82	53.53
Precio (\$/m2)	181.67%	81.44%	100%
Peso (Tn)	70.52%	83.72%	100%

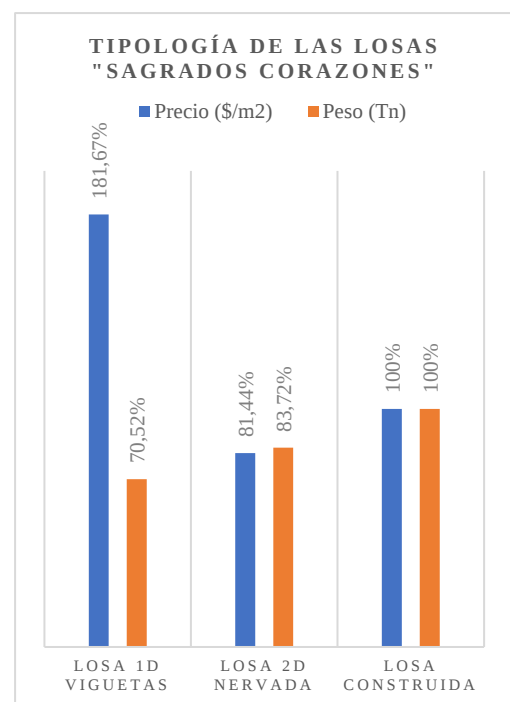
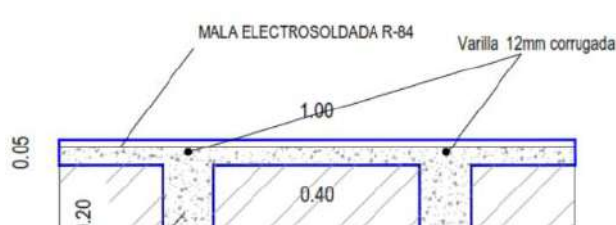


Figura 6. Histograma Comparativo



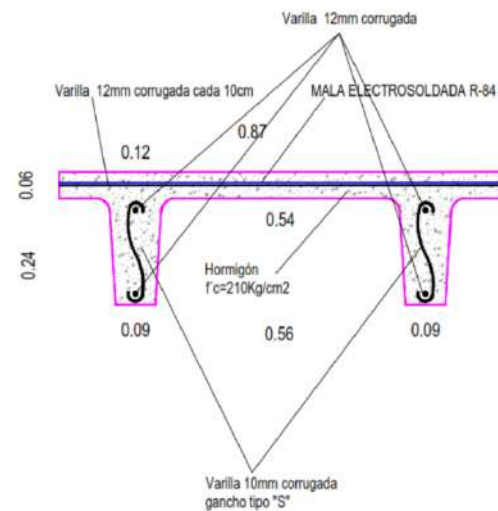


Figura 7. Secciones de losa nervada y viguetas respectivamente para "Sagrados Corazones". Fuente: Propia.

De igual forma se analizó la losa ubicada en la ciudad de Azogues, esta era una losa alivianada apoyada sobre vigas y sin ábacos. La diferencia entre la losa de la Unidad Educativa "Sagrados Corazones" y esta es que el aligeramiento es de bloque de pómez y las épocas en que se realizaron. Del análisis obtenido se concluyó que la losa soporta las cargas de diseño, no existe una gran diferencia con respecto del acero de refuerzo de los nervios de la losa puesta en obra y la analizada, los resultados se muestran en la Tabla 9. Los hierros usados para la dirección larga, tanto para los momentos negativos y positivos se consideró 1 Ø de 10 mm @ nervio en la parte superior y en la inferior y para la dirección corta, tanto para los momentos negativos y positivos se consideró 1 Ø de 12 mm @ nervio en la parte superior y en la inferior.

Tabla 9. Resultados losa "Ciudad de Azogues"

Características		ACI- 1963.	ACI-318-02.	Unidad
Geometría de la losa	Ancho	4.78		m
	Profundidad	2.59		m
	Espesor min. (ln/40.7)	6.00		cm
	Espesor asumido.	22.00		cm
Geometría de las nervaduras	Ancho	40.00		cm
	Profundidad	40.00		cm
	Alto del casetón	20.00		cm
	Espesor del nervio	10.00		cm
Hormigón	f'c	210.00		kgf/cm ²
Acero	f _y	4200.00		kgf/cm ²
Combinación	1.2D+1.6L	1257	1257	kgf/m
Lado Largo	Momento negativo	154.79	161.24	kgf·m
	Momento positivo	64.73	93.81	kgf·m
Lado Corto	Momento negativo	592.02	573.66	kgf·m
	Momento positivo	305.52	344.2	kgf·m
Cortante	Lado Largo	19.65	22.92	kgf
	Lado Corto	159.01	157.32	kgf
Deflexiones	Lado Largo	0.24	0.42	mm
	Lado Corto	0.40	0.50	mm

La losa cumple con las deflexiones máximas permisibles según la ACI 318-12. Dentro de los planos constructivos se tiene para todos los hierros varillas de 12 mm, esto debido a las cargas utilizadas y por temas de seguridad. Dentro de nuestros cálculos utilizando varillas de 12 mm para acero superior e inferior cumple con las normas de diseño. En nuestro caso no existe mucha diferencia con respecto a los precios entre la losa

analizada y la puesta en obra (Tablas 10 y 11). El valor por metro cuadrado de la losa puesta en obra es de **34.57** dólares por m² y la losa analizada nervada en dos direcciones con **32.70** dólares por m². La diferencia que existe entre la losa puesta en obra y la analizada de la ciudad de Azogues es de 1.88 dólares por m², en este caso no hay gran variabilidad en cuanto a la cuantía de hierros utilizada.

Tabla 10. Datos losa analiza 2D "Ciudad Azogues"

Act.	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
1	Bloque Pómez	u	424.00	0.25	106.00
3	Acero de refuerzo fy 4200 kg/cm ²	kg	434.09	1.98	859.51
4	Malla electrosoldada R-84	m ²	78.43	2.90	227.45
5	Hormigón f'c 210 kg/cm ² bombeado para losa	m ³	12.13	132.44	1606.50
6	Alquiler de Encofrado	m ²	89.15	1.89	168.49
Total			1037.80	139.46	2967.94

Tabla 11. Precio losa construida "Ciudad Azogues"

Act.	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
2	Bloque Pómez	u	424.00	0.25	106.00
3	Acero de refuerzo fy 4200 kg/cm ²	kg	491.88	1.98	973.91
4	Malla electrosoldada R-84	m ²	78.43	2.90	227.45
5	Hormigón f'c 210 kg/cm ² bombeado para losa	m ³	12.13	132.44	1606.50
6	Alquiler de Encofrado	m ²	89.15	1.89	168.49
Total			1095.59	139.46	3082.35

Ahora bien, también se presenta el análisis de la losa con viguetas en una dirección, de igual forma se propone el uso de casetones reutilizables de plástico para realizar la losa alivianada, en este caso la altura de las vigas principales es de 20 cm, al igual que con la losa alivianada puesta en obra el rendimiento para construir la losa con viguetas será mucho más eficiente, porque se busca realizar un encofrado al mismo nivel que las vigas y la losa para poder fundir todos estos elemento estructurales al mismo tiempo. En cuanto al precio por metro cuadrado la losa con viguetas es 3.73 \$/m² mayor que la losa analizada en 2 direcciones, y en cuanto al peso la losa con viguetas es más ligera con 10.76 toneladas menos de peso que la losa analizada en 2 direcciones. La Tabla 12 muestra el costo total de la losa en la ciudad de Azogues y la Tabla 13 la comparativa de los 3 sistemas de losas en cuanto a peso y costo, y la Figura 8 y 9 muestra un histograma comparativo de las losas y sus secciones respectivamente.

Tabla 12. Datos losa 1D "Ciudad de Azogues"

Act.	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
7	Casetón para alivianar	u	178.00	10.00	1780.00
3	Acero de refuerzo fy 4200 kg/cm ²	kg	870.46	1.98	1723.52
4	Malla electrosoldada R-84	m ²	134.47	2.90	389.96
5	Hormigón f'c 210 kg/cm ² bombeado para losa	m ³	7.48	132.44	915.16
6	Alquiler de Encofrado	m ²	141.43	1.89	267.30
Total			1331.84	149.21	5151.43

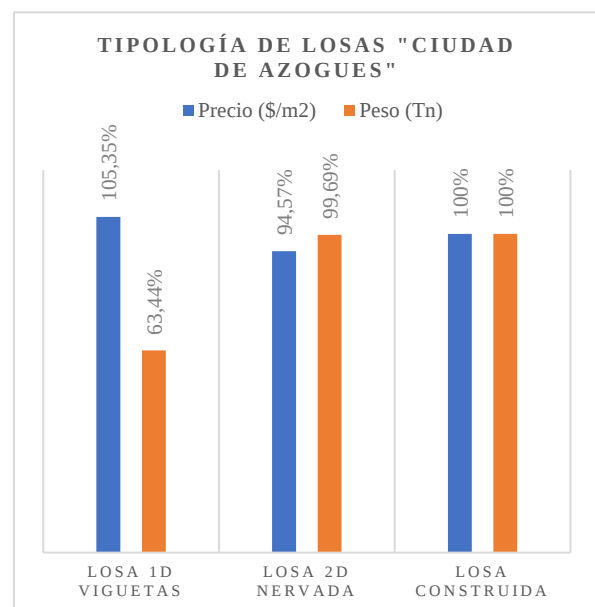


Figura 8. Histograma Comparativo

Tabla 13. Comparativas losas "Ciudad de Azogues"

Características	Losa 1D Viguetas	Losa 2D Nervada	Losa construida
Precio (\$/m ²)	36.42	32.70	34.57
Peso (Tn)	18.82	29.58	29.67
Precio (\$/m ²)	105.35%	94.57%	100%
Peso (Tn)	63.44%	99.69%	100%

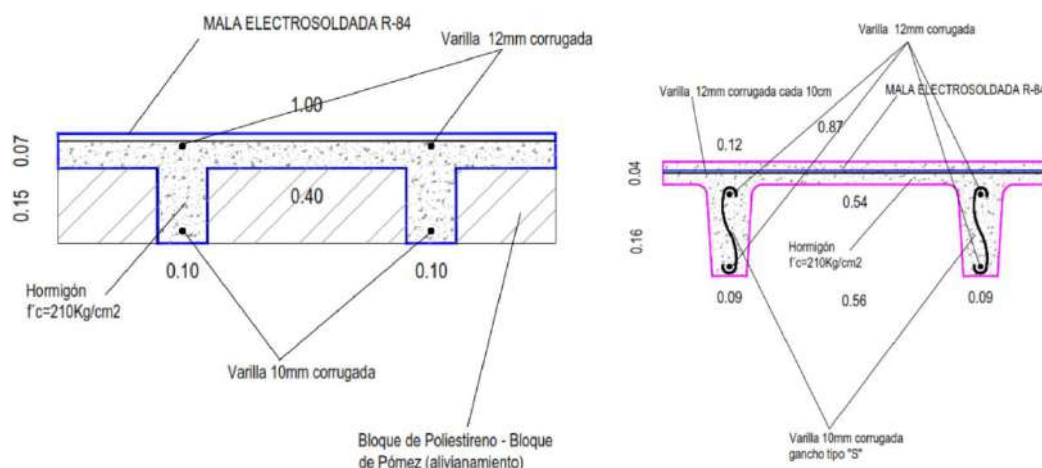


Figura 9. Secciones de losa nervada y viguetas respectivamente para "Ciudad de Azogues". Fuente: Propia.

De acuerdo con esto se muestra el proceso constructivo en obra de la losa alivianada en la ciudad de Azogues. Con el respectivo calculo estructural y diseño para nuestro análisis, tenemos la cimbra o encofrado listo para recibir el concreto (Figura 10). Para el armado de la losa iniciamos con el trazado de las calles o nervaduras y colocar los bloques entre ellas, definimos bien los trazos (Figura 11). Se procede a colocar el acero de refuerzo en las nervaduras, realizamos los amarres entre cruces de varillas y los ganchos que se ubiquen hacia arriba, y cuidar el recubrimiento que tendrá el acero de refuerzo (Figura 12). Después de tener el acero de refuerzo en nuestra losa procedemos a colocar los bloques entre nervadura y nervadura por eso el trazo era muy importante en el proceso anterior, y por último colocamos la malla electrosoldada sobre toda la losa (Figura 13). Iniciamos el proceso de fundición con hormigón premezclado de 210 kg/cm² o 21 MPa requerido en el proyecto (Figura 14), procedemos al tendido, se le va a ir con una regla metálica extendiendo y con el vibrador en las partes donde son difíciles que se compacte y así dejar la capa uniforme de la losa (Figura 15). Hay que tener en cuenta que en el proceso de fundición se utilizó camión mixer (hormigón premezclado) para garantizar la resistencia final del hormigón. Se recomienda sacar la cimbra luego que se fragüe la losa para así no tener deflexiones, recomendación 14 días. Procedemos a retirar las simbras o nuestro encofrado, se puede seguir construyendo mientras fragua, pero lo recomendable es dejar que siga adquiriendo resistencia el concreto y evitar perturbaciones o impactos que se puedan generar durante la construcción. Se adjunta el link del video de su proceso de construcción: https://youtu.be/7k_jlqBTbq0.



Figura 10. Cimbra o encofrado.



Figura 11. Trazo para colocación de nervaduras y vigas.



Figura 12. Armado de acero de refuerzo.



Figura 13. Colocación de bloque pómez y malla.



Figura 14. Fundición de losa y vigas con hormigón.



Figura 15. Extendido y vibrado del hormigón.

3. Discusión

De la losa analizada de la Unidad Educativa “Sagrados Corazones”, se tiene una diferencia de costos considerable, esto debido al cálculo y la metodología usada en 1985 con respecto a la actual en nuestro medio, existe una diferencia de costos en comparación a la losa puesta en obra y las analizadas. Esto significa un gran ahorro de materiales y mano de obra dentro de la construcción, la losa analizada en 2 direcciones es mucho más ligera que la puesta en obra, la losa en obra tiene 53.53 toneladas de peso y la losa analizada tiene 44.82 toneladas, pero la losa analizada con viguetas en 1 dirección es mucho más ligera pesando 37.75 toneladas, pero su costo es mucho más elevado con 73.09 dólares por m^2 cuadrado que la losa construida y la losa 2 direcciones. De igual manera para la losa de la ciudad de Azogues en cuanto a la losa construida y la losa en 2 direcciones no existe una diferencia notable en cuanto a peso y precio por metro cuadrado, pero la losa con viguetas en comparación a la construida se tiene una diferencia de peso del 36.56 % menor que la construida en obra, aunque su precio es mayor en un 5.35 %. El peso de la estructura influye con los movimientos sísmicos, mientras más peso tenga la estructura, se tendrá más carga sísmica que se transmiten al pórtico (vigas y columnas) y a las zapatas, lo que puede influir con la pérdida de rigidez de la estructura en general. Con el análisis en campo no se observó ninguna anomalía dentro de la estructura de la ciudad de Cuenca (Unidad Educativa “Sagrados Corazones”) aún pasados 38 años desde su construcción hasta la fecha. En la losa de la ciudad de Azogues se obtuvieron cuantías de acero muy similares a las usadas en obra en cuanto a la losa en 2 direcciones y no existe una gran diferencia de precios de la losa puesta en obra y las analizadas, pero en cuanto a peso total la losa con viguetas es mucho más ligera. En países como Perú e Italia no recomiendan el uso de losas alivianadas en 2 direcciones por la gran masa sísmica que pueden tener, esto debido al alto riesgo sísmico, es por esta razón que el uso de losas con viguetas reduce esta masa sísmica y la carga vertical transmitida a la estructura en general, además que influyen condiciones de rigidez [17,18]. El uso de losas con viguetas reduce las vibraciones en comparación a una losa alivianada en 2 direcciones, pero se pueden reducir mucho más estas vibraciones con diferentes métodos constructivos como: el uso de hormigón de un hormigón más pesado, fibras de acero dentro del hormigón, aumento del peralte de las viguetas, etc.

4. Conclusión

El uso de losas alivianadas son una ventaja frente a losas de hormigón tradicionales o macizas, esto nos puede significar la reducción de carga muerta vertical transmitida a la estructura, representando un ahorro de materiales y costo de construcción en cuanto a vigas, columnas y cimentación (zapatas y excavación); la losa con viguetas de la ciudad de Cuenca es un 29.48 % más ligera que la puesta en obra, pero su costo aumenta debido al uso de varillas de acero de mayor diámetro, pero con la losa analizada en la ciudad de Azogues no existe mucha variación en cuanto a precios por m² de losas. la losa con viguetas disminuye en un 36.56 % de peso. En zonas sísmicas la reducción de la masa de una estructura es importante ya que mejora el rendimiento sísmico en general de la estructura. Para losas con viguetas en cuanto a instalaciones mecánicas, eléctricas y recubrimientos (térmicos y acústicos), se tiene más espacio de montaje y en general mayor eficiencia energética. Para ambos casos de losas analizadas de las dos ciudades, las losas con viguetas son más ligeras que las losas en 2 direcciones, esto debido a la reducción del volumen de hormigón, lo que implica una reducción en la huella de carbono, además de la reutilización de los casetones de plástico en vez de bloques de poliestireno o bloques de pómez utilizados en nuestro medio. En temas constructivos la losa con viguetas es mucho más rápida para construir que losas en 2 direcciones, esto significa un ahorro en mano de obra y materiales al reutilizar los casetones de plástico para los siguientes niveles de pisos que pueda tener una construcción. Esta tipología constructiva puede ser un emprendimiento en nuestra zona de estudio, generar nuevas fuentes laborales tanto en venta de nuevos casetones, alquiler de casetones o encofrado, además desde el punto de vista técnico, nuevo conocimiento en diseño y construcción para edificaciones de concreto con losas de una dirección que garanticen menos vibraciones y un comportamiento de piso (o diafragma) rígido.

Contribución de autores: conceptualización, X.N-C., J.M. y C.F.; metodología, X.N-C.; software, J.M. y C.F.; validación, X.N-C., J.M. y C.F.; análisis formal, X.N-C.; investigación, J.M. y C.F.; recursos, C.F.; curaduría de datos, X.N-C.; redacción-revisión y edición, J.M.; visualización, X.N-C.; supervisión, X.N-C.; administración de proyectos, X.N-C.; adquisición de fondos, C.F."

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Aladžić, V.; Kekanović, M.; Miličić, I. Traditional Thick Concrete Floor Slabs - an Obstacle to the Flexibility, Energy Efficiency and Seismic Safety. *Teh. Vjesn.* **2019**, *26*, 1794-1802, doi:10.17559/TV-20180419101316.
2. Mata-Falcón, J.; Bischof, P.; Huber, T.; Anton, A.; Burger, J.; Ranaudo, F.; Jipa, A.; Gebhard, L.; Reiter, L.; Lloret-fritsch, E.; et al. Digitally Fabricated Ribbed Concrete Floor Slabs: A Sustainable Solution for Construction. *RILEM Tech. Lett.* **2022**, *7*, 68-78, doi:10.21809/rilemtechlett.2022.161.
3. Herrera Herrera, A.D. OPTIMIZACIÓN DEL COSTO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL EN FUNCIÓN DE LA DERIVA PARA EDIFICIOS DE HORMIGÓN ARMADO, Escuela Politécnica Nacional, 2022.
4. Rupidara, Y.A.; Cornelis, R.; Sir, T.M.W. Comparative Analysis of Seismic Performance of Building Structures with Conventional Slab, Waffle Slab, and Flat Slab. *J. FORUM Tek. SIPIL* **2022**, *2*, 80-91, doi:10.35508/forteks.v2i1.5496.
5. Cunalata, F.; Caiza, P. State of the Art of Seismic Vulnerability Studies in Ecuador. *Rev. Politec.* **2022**, *50*, 55-64, doi:10.33333/rp.vol50n1.06.
6. La Torre Esquivel, J. elvis Optimización Del Diseño Estructural, Enfocado En El Costo de Edificaciones Educativas de Concreto Armado, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2018.
7. Baig, M.M.; Rashid, A.; Reddy, Y.P.S.D.; Krishna, T.G.N.. V. A Comparative Study on Seismic Analysis of G+6 Building with Ribbed Slab & Conventional Slab Using SAP2000 Software. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* **2021**, *1112*, 012026, doi:10.1088/1757-899x/1112/1/012026.
8. Nithyambigai, G.; Rameshwaran, P.M.; Stella Mary, F. Behaviour of Waffle Slab. *Mater. Today Proc.* **2020**, *46*, 3765-3768, doi:10.1016/j.matpr.2021.02.016.
9. Pandey, A.K. Seismic Analysis of Commercial Building with Grid/Waffle Slab Using ETABS. *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.* **2021**, *9*, 679-685, doi:10.22214/ijraset.2021.38486.
10. Robati, M.; McCarthy, T.J.; Kokogiannakis, G. Integrated Life Cycle Cost Method for Sustainable Structural Design by Focusing on a Benchmark Office Building in Australia. *Energy Build.* **2018**, *166*, 525-537,

doi:10.1016/j.enbuild.2018.02.034.

11. Lima, J.P. dos S. Structural Comparative Analysis Between Conventional Solid Slabs and Reinforced Concrete Ribbed Slabs Through Manual Calculation and Tqs Software. *J. Eng. Res.* **2022**, 2, 2-16, doi:10.22533/at.ed.3172262222113.
12. Colombiana, A.C.I.S. *AIS 114-17 - Requisitos Esenciales Para Edificaciones de Concreto Reforzado de Tamaño y Altura Limitados*; ACI, AIS, Eds.; 1st ed.; AIS 114: Bogotá, 2017; ISBN AIS 114-17.
13. Instituto Geográfico, E. *INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR DEL ECUADOR. Base Nacional Escala 1 : 50 000*; Quito, 2010;
14. Sustainability, P. Geoplast Catalogue 2022. **2022**.
15. Alexander, M.G.; Dehn, F.; Moyo, P. *Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting IV*; 2015; ISBN 9780203124253.
16. ANSI American National Standard. *SMPTE J.* **2013**, 95, 601-602, doi:10.5594/j17740.
17. Colonia, Y.; Valentin, S. Análisis Comparativo Entre El Sistema de Losa Convencional y Losa Con Viguetas Prefabricadas En El Diseño Sísmico de Una Vivienda En Arequipa, Universidad César Vallejo, 2020.
18. Sorace, S.; Terenzi, G. Structural Assessment of a Modern Heritage Building. *Eng. Struct.* **2013**, 49, 743-755, doi:10.1016/j.engstruct.2012.12.012.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Diseño de área de bio-retención de sistemas urbanos de drenaje sostenible para la ciudad de Guayaquil

Liliana Avilés-Merchán¹  José Paucar-Camacho¹  Carlos Matovelle-Bustos² 

¹ Universidad Católica de Cuenca. Unidad de Postgrados. Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable. Cuenca, Ecuador

² Universidad Católica de Cuenca, HYDROLAB, CIITT, Cuenca, Ecuador.

✉ Correspondencia: liliana.aviles.83@est.ucacue.edu.ec

☎ + 593 968352102

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62074>

Resumen: La investigación que se propone a continuación busca la adaptabilidad de un sistema de drenaje sostenible de tipología área de bio-retención para las condiciones particulares de inundaciones en zonas de concentración de escorrentías que presenta la ciudad de Guayaquil, el caso de estudio se elaboró en el Hospital General Universitario de Guayaquil, se plantea una propuesta de diseño geométrico de una estructura de bio-retención que enmarque en los criterios sostenibles con la capacidad de retener el volumen de agua que se genera por las intensas lluvias, que actualmente se descargan de forma directa al sistema de alcantarillado pluvial causando severas inundaciones en los sectores agua abajo, basados en la metodología de los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) y las mediciones de variables hidrológicas, como resultado se espera tener una propuesta de diseño geométrico de un área de bio-retención adaptables que cumpla con los requisitos planteados, para que en una posterioridad sea un modelo replicable para varios puntos de la ciudad de Guayaquil con la finalidad de gestionar de manera más eficiente y responsables las aguas provenientes de intensas lluvias.

Palabras claves: Suelo, Drenaje, Guayaquil, alcantarillado pluvial, SUDS, bio-retención.



Cita: Avilés-Merchán, L., Paucar-Camacho, J., & Matovelle-Bustos, C. (2023). Diseño de área de bio-retención de sistemas urbanos de drenaje sostenible para la ciudad de Guayaquil. Green World Journal, 6(2), 74.

<https://doi.org/10.53313/gwj62074>

Received: 30/mayo /2023

Accepted: 15/julio /2023

Published: 18/julio /2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.

Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial

editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



Maternal preference in parental authority in light of Ecuadorian constitutional law

Abstract: The research proposed below seeks the adaptability of a sustainable drainage system of bio-retention area typology for the particular conditions of flooding in areas of runoff concentration that presents the city of Guayaquil, the case study was developed in the General University Hospital of Guayaquil, a geometric design proposal of a bio-retention structure that frames in sustainable criteria with the ability to retain the volume of water generated by heavy rains is proposed, based on the methodology of sustainable urban drainage systems (SUDS) and measurements of hydrological variables, as a result we expect to have a geometric design

© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

proposal of an adaptable bio-retention area that meets the requirements set out, so that later it can be a replicable model for several points of the city of Guayaquil in order to manage more efficiently and responsibly the water from heavy rains.

Keywords: Soil, Drainage, Guayaquil, storm sewer, SUDS, bioretention.

1. Introducción

Es necesario un nuevo enfoque para el manejo de las aguas pluviales a fin de satisfacer las demandas climáticas actuales, esto ha provocado un aumento en el interés por la adopción como alternativa de soporte y gestión a los sistemas urbanos sostenibles de drenaje (SUDS). Estos sistemas cuentan con una amplia gama de opciones para abordar la planificación, el diseño y la gestión de estas aguas, considerando las preocupaciones sociales y ambientales, así como a las hidrológicas e hidráulicas [1].

El uso de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) como parte integral de los sistemas tradicionales de drenaje está experimentando un importante auge, ya que se evidencia la necesidad de encontrar nuevas alternativas para reducir el impacto de la escorrentía en las redes de aguas lluvias proyectadas y, al mismo tiempo, ser amigables con el medio ambiente, reduciendo el impacto [2].

El objetivo de la infraestructura urbana verde es imitar el ciclo hidrológico que existía en el área de forma natural antes del desarrollo urbano, usando herramientas para almacenar, infiltrar, evaporar o capturar escorrentías cerca de su fuente y evitar el colapso del sistema de drenaje pluvial. Existen varios tipos de estructura verde para el control de inundaciones, y su implementación depende de las características particulares del área a implementar el sistema [3]. Como se observa en la tabla 1, tomada de la adaptación de la investigación “Evaluación de infraestructura verde urbana mediante el uso de la herramienta SWMM. Caso de estudio: Durán” [3].

Tabla 1. Estructuras verdes para la gestión de inundaciones.

Estructura Verde	Características
Techos ajardinados	Estructura que se instala parcial o totalmente sobre los techos de los edificios. consiste en una membrana impermeable sobre la cual crece la vegetación.
Cosecha de agua	Estructura en forma de cisterna utilizada para recolectar, almacenar y tratar la escorrentía de superficies impermeables como tejados, patios y otras superficies de iguales características.
Pavimento permeable	Alta porosidad que permite la filtración del agua de lluvia al subsuelo es usada en áreas de poco tráfico de vehículos livianos.
Estanque de detención	Su función es retener la escorrentía de las aguas pluviales durante un periodo antes de ser devuelta paulatinamente al sistema de drenaje o cuerpo de agua cercano.
Laguna de retención	Se caracteriza por siempre tener agua en su estructura funciona como una laguna artificial, brinda beneficios recreativos y permite el desarrollo de microclimas.
Estanque de infiltración	Es una depresión con vegetación en campos abiertos recibe y almacena el agua de lluvia y crea un estanque poco profundo.
Filtro de arena	Se asemejan a los sistemas de retención, pero su superficie carece de vegetación debido a la instalación bajo tierra o porque el medio filtrado no retiene suficiente humedad.
Zanja de infiltración	Este tipo de estructura transporta la escorrentía a través de pendientes suaves con vegetación disminuyendo el flujo del agua.
Franja de infiltración	La estructura es poco profunda y está cubierto de material poroso como piedras. eso permite que la escorrentía pluvial ingrese al suelo.

Debido al tamaño relativo y la ubicación de estos SUDS en el sistema de aguas pluviales, las curvas de respuesta para estanques inundables y jardines pluviales requieren diferentes estrategias de adaptación. En áreas de bio-retención, la respuesta al aumento de las cargas hidráulicas aumenta proporcionalmente el tamaño del área. Las áreas de retención de aguas pluviales deben tener el tamaño adecuado para los

volúmenes de escorrentía [4]. El plan de infraestructura verde de la ciudad de Nueva York se publicó en 2010 y se define como la táctica de las infraestructuras verde ayudando a reducir el volumen de vertidos al medio ambiente, controlar el volumen de escorrentías a través de los SUDS y promover la sostenibilidad de la ciudad. Por otra parte, Filadelfia creó el plan ciudad verde, Aguas Limpias, inspirado en la experiencia de Nueva York, con el objetivo de maximizar el beneficio retornado al ciudadano y contribuyendo con el ambiente [5]

En Colombia, la problemática es la gestión de las escorrentías en áreas públicas caso puntual presentados en la ciudad de Bogotá, uno de los factores a contemplar es la rápida expansión urbana generando impermeabilización del suelo reduciendo la capa de vegetación lo que ayuda a la captación natural de las aguas pluviales [6]

Latinoamérica es vulnerables a los estragos del cambio climático y Ecuador no es la excepción, las constantes inundaciones ocasionadas por las intensas precipitaciones causan que las áreas urbanas se inunden producto de las escorrentías en zonas impermeables impidiendo que estas se infiltren de manera natural, en Guayaquil se está volviendo común lluvias en periodos cortos que ocasionan inundación de algunas cooperativas y avenidas principales de la urbe, en un diario nacional se hace énfasis que estos eventos se agravan por el histórico crecimiento demográfico sin planificación urbana pero también es el resultado de que está prevaleciendo más la obra gris, que áreas naturales [7]. En un comunicado de la secretaría nacional de gestión de riesgo (SNGR) al igual que la empresa Interagua coinciden que la lluvia del 23 de marzo del 2023, es la más intensa registrada de la actual temporada invernal, ese día Interagua reportó que en el norte de la ciudad se acumularon aproximadamente 22 millones de metros cúbicos de agua, mientras que en el sur hubo 18 millones de metros cúbicos, que incluso consideraron que el volumen de agua que cayó en ese evento alcanzaría para llenar 16000 piscinas olímpicas [8]. La escena de inundaciones en Guayaquil se repite cada invierno, lo que produce múltiples problemas a los ciudadanos de la urbe. Además de la congestión vehicular, lo más preocupante es que anualmente existen casos de viviendas y negocios que sufren severas afectaciones debido a las fuertes precipitaciones. Es una repetición del mismo escenario todos los años donde la temporada invernal afecta a la comunidad de manera cíclica [9]

En Guayaquil 10 de las 15 parroquias urbanas son altamente vulnerables a inundaciones, esto equivale aproximadamente al 70% de parroquias que se encuentran en riesgo alto de inundaciones [10], como se lo muestra en la tabla 2.

Tabla 2: Riesgo de inundación en (%) para las parroquias urbanas de Guayaquil.

Parroquias de Guayaquil	Riesgo de inundación en %
9 de octubre	73
Ayacucho	73
Bolívar	72
Carbo	34
Febres Cordero	74
García Moreno	71
Letamendi	76
Olmedo	71
Pascuales	55
Roca	38
Rocafuerte	72
Sucre	72
Tarqui	40
Urdaneta	74
Ximena	60
Monte Sinaí	86
Expansión urbana	1

Esta investigación busca diseñar un sistema urbano de drenaje sostenible mediante la tipología bio-retención, aplicando la técnica de análisis y síntesis se evaluarán los parámetros de diseño basándose en criterios hidráulicos apoyados en manuales técnicos y normativas internacionales de los SUDS, con el propósito de crear una propuesta de diseño geométrico aplicable que ayude a gestionar las aguas de lluvias

Green World Journal /Vol 06/Issue 02/074/ May-August 2023 /www.greenworldjournal.com

para controlar las inundaciones por concentración de escorrentías superficiales que se generan el Hospital General Universitario de Guayaquil. En la ciudad existen iniciativas de implementar infraestructuras sustentables para el control de inundaciones, así como una Ordenanza Municipal que fomente la construcción de edificios sostenibles el proyecto "Guayaquil Cielo Florido" surge de la cooperación de una fundación y la Municipalidad de Guayaquil [11].

La impermeabilización de los suelos urbanos y las intensas precipitaciones generan inundaciones por concentración de escorrentías superficiales, esto se debe a la reducción de capacidad de infiltración natural del suelo haciendo que los sistemas de alcantarillado pluvial convencional se saturen impactando principalmente al medio receptor. La expansión urbana y las lluvias con mayor frecuencia e intensidad aumentan el factor riesgo de colapso por saturación de las estructuras de drenaje existentes, incrementando su costo de construcciones y mantenimiento [12]

Guayaquil forma parte de la región costera del Ecuador, la cual se caracteriza por su gran diversidad de paisajes naturales que van desde exuberantes bosques húmedos, valles de bosques secos, esteros, manglares y hermosas áreas de playas en la costa. Esto se debe a que la región abarca desde la cordillera Chongón-Colonche hasta las planicies del río Guayas, lo que da lugar a una gran cantidad de ecosistemas y a una biodiversidad excepcional.

También es relevante mencionar la importancia de la preservación de especies de plantas endémicas como consideraciones ambientales, por ello en la tabla 3. que enumera varias plantas que forman parte de la biodiversidad del ecosistema de Guayaquil usadas en el arbolado urbano. La información se filtró de la Memoria de Biodiversidad de la Dirección del Ambiente emitida en febrero de 2020.

Tabla 3. Vegetación de Guayaquil usada en arbolado urbano.

Flora representativa del cantón Guayaquil usada en arbolado urbano		
Nombre común	Nombre científico	Información
Muyuyo de montaña	Tecoma castanifolia	Es una especie que se puede usar en el arbolado urbano. De 4 metros aproximadamente, originario de los bosques secos de Ecuador, a pesar de que se encuentra en terrenos rocosos sobre el parque histórico de Guayaquil. ha sido capaz de soportar la presencia transitoria de agua salobre durante las inundaciones [13]; [14].
Roble	Tabebuia rosea	Árbol que crece rápidamente y puede alcanzar una altura de hasta 20 metros. Preferir áreas con vegetación secundaria porque mantienen el suelo y reducen la erosión. Es muy Común y se siembra en zonas verdes de las ciudades [13,15].
Guachapeli	Pseudosamanea guachapele	Tiende a tener una altura aproximada de 25m, se suele usar en arbolado urbano, fija nitrógeno en el suelo y crece mejor si recibe la luz solar de forma directa [13-15].
Fernán Sánchez	Triplaris cumingiana	Por su crecimiento de forma recta se suele usar en arbolado de parterres. Esta planta tiene un rápido crecimiento y requiere de suelos bien drenados, aunque también puede tolerar inundaciones e incluso agua con bajo nivel de salinidad. Llega alcanzar los 20 metros, la semilla trialada se dispersa por el viento y es polinizada por insectos como abejas y avispas [13].
Pepito colorado	Erythrina smithiana	Es cultivado como ornamento. Es un árbol típico de Ecuador y puede llegar a alcanzar los 10 metros de altura, habita los bosques secos y húmedos del oeste del país [13].
Laurel	Cordia alliodora	Es nativo de bosques primarios y secundarios de la costa, Amazonia y Galápagos, y crece entre 0-1000 metros sobre el nivel del mar. Durante la época seca pierde las hojas, es de rápido crecimiento. Es perfecto para parques y es de fácil mantenimiento [13,15].
Samán	Samanea saman	Este árbol que puede medir hasta los 25 metros de altura aportando sombra gracias a su vasto y entrelazado ramaje, su característica particular es que cierra sus hojas cuando llega la tarde-noche [14,15].
Orquídea de Guayaquil	Encyclia angustiloba	Es símbolo de Guayaquil, se origina en los bosques secos de esta ciudad, se distingue por su crecimiento en troncos y ramas de árboles; sus raíces absorben el agua de la lluvia y la humedad del viento. Está críticamente amenazada de extinción porque sus bosques están desapareciendo rápidamente. Esta especie se puede cultivar y usar como ornamento [13,16].

El objetivo de esta investigación es diseñar geométricamente un área de bio-retención que ayude a gestionar las aguas lluvias generadas en el Hospital General Universitario de Guayaquil. Para lograrlo, se aplicará la metodología de los Sistemas Urbano de Drenaje Sostenible (SUDS) a partir de los registros de lluvias tomados por la estación pluviométrica Sergio Toral, dada su proximidad al área de estudio. Se espera obtener una propuesta de diseño geométrico que permita retener un volumen adecuado de aguas lluvias, disminuyendo así el caudal que normalmente se aportaría a la red de alcantarillado pluvial. De esta manera, se puede prevenir saturaciones y colapsos en el sistema, ocasionando inundaciones por concentración de escorrentías superficiales en sectores que se encuentran aguas abajo.

2. Materiales y métodos

Selección de zona de estudio. – La ciudad de Guayaquil se encuentra a 4msnm uno de los motivos por lo que es propensa a inundaciones, considerando la información presentada en la tabla 1, misma que establece el riesgo de inundación en porcentaje de las parroquias de la urbe porteña, se observa que Monte Sinaí es la zona con mayor riesgo, alcanzando un 86%, además de considerar varios eventos presentados en la época invernal en los periodos del 2021 al 2023, los cuales ocasionaron severas inundaciones en gran parte de este sector. Adicional a esto la figura 1 recoge los parámetros que se establecieron como mínimos necesarios que debe cumplir el sitio donde se ubique el área de bio-retención, tales como: contar con suficiente espacio para la ubicación del SUDs, su área mínima disponible debe ser del 5% del área de aporte, considerando que la estructura debe ubicarse a solo unos metros aguas abajo de las partes iniciales de la cuenca, para reducir la cantidad de agua de lluvia que fluye hacia la red de alcantarillado pluvial, permitiendo disminuir y gestionar el volumen de agua de escorrentía en la zona de estudio. También el sector debe tener un nivel freático por debajo de los 1.20 metros. Se debe considerar un sitio que tenga mala o nula gestión del alcantarillado pluvial. Otro parámetro para considerar es el crecimiento poblacional, este se está generando en el sector del noroeste y parte de vía a la costa como lo indica el plan de ordenamiento territorial de la M.I. Municipalidad de Guayaquil, el sector sur de la ciudad de Guayaquil está totalmente poblado por lo que no existen áreas grandes disponibles para este tipo de estructura.

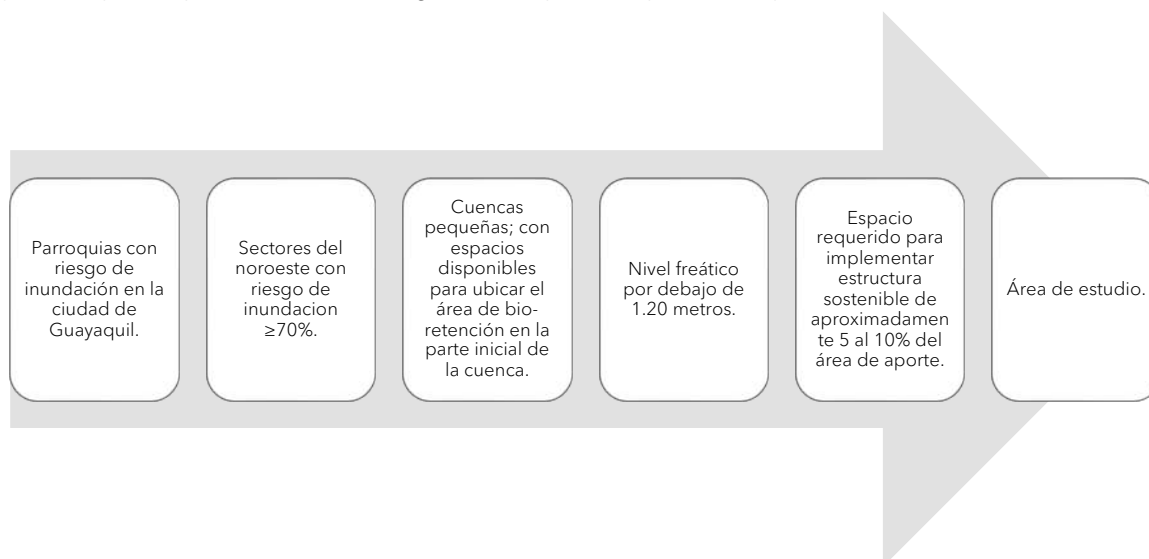


Figura 1. Proceso de selección de zona de estudio.

Selección de SUDS. – Para seleccionar la estructura del sistema urbano de drenaje sostenible, se lo hará con base en las recomendaciones de Storm Drainage Design and Technical Criteria de la ciudad de Denver. Esta fuente brinda criterios técnicos y de diseño para la gestión de aguas pluviales y la construcción de BMPs. Con este enfoque, buscamos asegurar que la estructura diseñada sea adecuada para reducir el volumen de escorrentías que ingresa al sistema de pluvial existente, reduciendo así el riesgo de inundaciones y de sobrecarga de la red pluvial, con el fin de proteger los sectores que están aguas abajo.

La estructura de bio-retención puede aplicarse en las inmediaciones de los edificios, en las islas de los aparcamientos y en otras zonas paisajísticas, donde no haya probabilidad de contaminación de las aguas subterráneas o problemas geotécnicos. Siempre que se desee implementar un área de bio-retención, deben abordarse los criterios geotécnicos relacionados con el drenaje de los cimientos de los edificios y los suelos expansivos [14].

Trazando inferencias de las recomendaciones previas, se muestra en la tabla 4, la valoración detallada de la efectividad en los diseños de las estructuras para retener y reducir los volúmenes de aguas lluvias descargados en la red. Este análisis adicional permitirá identificar cualquier mejora necesaria en el diseño de la estructura, asegurando el funcionamiento óptimo y evitando la sobrecarga en el sistema de alcantarillado.

Tabla 4. Eficiencia de las tipologías disminuyendo el volumen de escorrentías.

Criterio de Volumen	Reducción de	Reducción de
Tipología	Volumen	descarga máxima
Cunetas Verdes	B	B
Tanques de almacenamiento	M	M
Zonas de bio-retención	M	B
Alcorques inundables	B	B
Cuencas secas de drenaje	B	M
Zanjas de infiltración	A	A
Pavimento permeable	A	M

Después de las recomendaciones de Storm Drainage Design and Technical Criteria de la ciudad de Denver y el análisis de la eficiencia de los SUDS, se opta por diseñar una zona de bio-retención para el área previamente seleccionada.

El manual de diseño de los SUDS [16], establece como condición de espacio requerido para las zonas de bio-retención entre un 5 al 10% de la superficie total del área tributaria.

2.1. Área de estudio

El área de estudio del Hospital General Universitario de Guayaquil se sitúa en el sector norte de la ciudad, perteneciente a la parroquia Monte Sinaí. Limita al norte con la av. Dr. Marcel J. Laniado de Wind, al sur con terrenos industriales, al este con la urbanización Loma Vista y al oeste con la vía perimetral E40. Su elevación aproximada de 30.5 msnm y cuenta con 5.80 Ha de área poco permeable como se lo muestra en la figura 2.

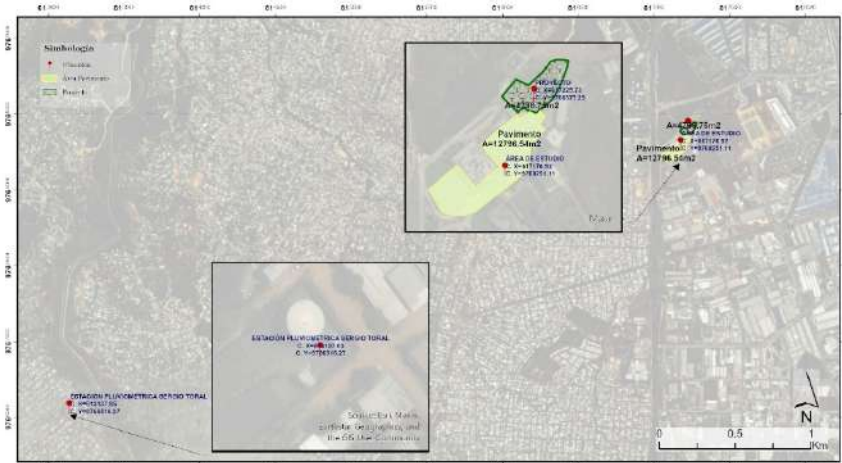


Figura 2. Ubicación del área de estudio, Hospital General Universitario de Guayaquil; proyecto de bio-retención y estación pluviométrica Sergio Toral.

Dado que el área de estudio y el área del proyecto son de gran amplitud, se han definido las coordenadas centrales correspondientes, las cuales se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Coordenadas del área de estudio, proyecto y estación pluviométrica Sergio Toral; proyección UTM–Guayaquil, Zona 17S. Datum WGS84.

Ubicación	este	norte
Área de estudio	617176.92	9768251.11
Ubicación del proyecto	617225.73	9768377.29
Estación pluviométrica Sergio Toral	613137.85	9766516.27

2.1.1. Área tributaria

El suelo bien drenado es una característica importante por considerar al momento de construir los sistemas urbanos sostenibles, por esto conocer el nivel freático es indispensable, este debe encontrarse por debajo de los 30 cm de la superficie [17]. En este análisis, se clasificó la estimación de las áreas aportantes por tipo de superficie y su relación con el coeficiente de escorrentía. Debido a que el área aportante total supera los 10 acres recomendados en el manual, se consideró trabajar la propuesta de diseño con superficie pavimentadas que tiene un área de aporte 1.27 Ha como se muestra en la figura 3, esta área se la puede considerar casi impermeable, por tanto, lo que llueve escurre en un 90 a 95% según, Storm water Management for construction activities: Developing pollution prevention plans and best Management practices, de Washington DC, hacia el sistema de alcantarillado pluvial, por lo que se propone interceptar este volumen de agua y gestionarlo hacia un sistema de bio-retención.



Figura 3. Selección de área tributaria con superficie tipo pavimento.

2.1.2. Información pluviométrica y profundidad de lluvia.

Basándonos en conceptos hidrológicos y en los criterios de diseños recomendados por Stormwater Management Manual for Western Washington, las áreas de bio-retención se definen como depresiones ajardinadas poco profundas. Estas áreas se componen de una mezcla de suelo diseñada para plantaciones, así como una variedad de material vegetal, que incluye árboles, arbustos, hierbas y otras plantas herbáceas, todas adaptables para las condiciones de humedad del suelo. Asimismo, estas áreas reciben las aguas pluviales de una zona contribuyente por lo que pueden tener o no un drenaje inferior [18].

Cuando se diseña una estructura de retención, la base hidrológica del diseño es difícil de representar debido a la naturaleza estocástica de las precipitaciones. Por lo tanto, el dimensionamiento para una determinada probabilidad no garantiza que otro escenario procedente de la naturaleza (por ejemplo, una

serie de pequeñas tormentas que se suman a grandes volúmenes en una o dos semanas) se produzca. Por esta razón, los estanques de retención se han utilizado en algunos casos como medidas temporales hasta que se desarrolla un sistema formal aguas abajo [14].

En este caso se carece de información histórica de los registros de precipitaciones de estaciones cercanas al sitio de emplazamiento de la estructura, pero se cuenta con registros horarios de lluvias en el lugar, por lo que se plantea convertir los eventos de lluvias en escurrimientos mediante modelación de hietograma. Por ende, se procedió a estimar la profundidad de lluvia considerando que se cuenta con los registros de los años 2021 y 2022 de la estación pluviométrica Sergio Toral. Se optó por trabajar con una lluvia máxima de 3 horas con intervalo de 5 minutos. Como se muestra en la tabla 6, en la figura 4 que pertenece al hietograma del año 2022 y en la figura 5 se presenta el hidrograma de caudales con periodos de retorno de 5, 10 y 25 años.

Tabla 6. Registros de lluvia de la estación pluviométrica Sergio Toral del año 2022.

Min	P(mm)
5	0
10	1.75
15	11.36
20	14.79
25	11.85
30	9.63
35	8.64
40	8.13
45	5.86
50	3.83
55	3.09
60	3.99
65	2.44
70	2.15
75	0.82
80	0.20
85	0.28
90	0.25
95	0.10
100	0.07
105	0.27
110	0.25
115	0.18
120	0.35
125	0.03
130	0
135	0
140	0
145	0
150	0
155	0
160	0
165	0
170	0
175	0
180	0
ph=	90.31

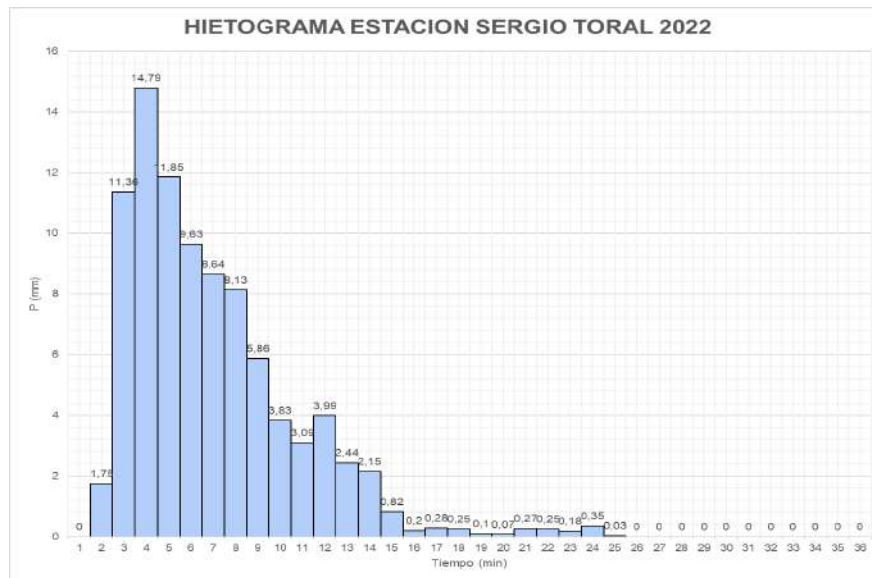


Figura 4. Hietograma de precipitación máxima registrada en la estación Sergio Toral en el 2022.

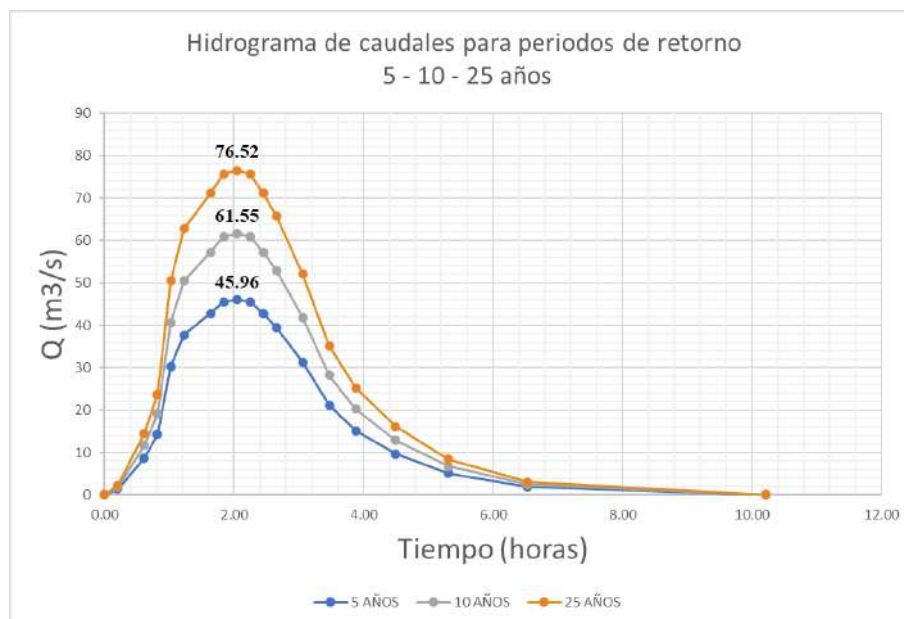


Figura 5. Hietograma de caudales periodos de retornos de 5, 10 y 25 años.

El manual de diseño de aguas pluviales de Maryland, volúmenes I y II; en su capítulo 3 Criterios de desempeño para el diseño de BMP urbanas recomienda que el área tributaria máxima a un sistema individual de filtrado de aguas pluviales debe ser inferior a 10 acres; siempre que se proporcione un pretratamiento adecuado para los sistemas de bio-retención y el diseño cumpla las siguientes condiciones, (a) una franja filtrante de césped de 20' y debajo un esparcidor de nivel o una capa filtrante de arena opcional, (b) un diafragma de grava y (c) una capa de mantillo [20].

La CIIA propone que independientemente del grupo de suelo, las áreas como vías o acceso a ellas, calles pavimentadas y techos se presentan como superficies completamente impermeables y se los asocia con el valor de número de curva de la fracción de áreas impermeable directamente conectada al sistema de drenaje (CNI) de 95 [21]. Como se presenta el resumen en la tabla 7.

Tabla 7. Datos para CNi y CNp con circunstancias de humedad.

Áreas	Cobertura	A	B	C	D
Áreas Impermeables (pavimentos, concreto, etc.)	Techos	95	95	95	95
	Aceras	95	95	95	95
	Accesos	95	95	95	95
	Parqueaderos	95	95	95	95
	Pavimentada/Concreto	95	95	95	95
Calles / Vías	Grava	76	85	89	91
	Afirmado	72	82	87	89
	Pasto (cobertura < 50%)	68	79	86	89
Espacios abiertos (patios, parques, cementeros, linderos, relictos de vegetación nativa, etc.)	Pasto (cobertura < 50% a 75%)	49	69	79	84
	Pasto (> 75%)	39	61	74	80
	Suelo desnudo	77	86	91	94
	Árboles	36	60	73	79
	Matorrales	46	62	74	84

Según el Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental, 2017 en su Producto 3– Guía técnica de diseño y construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), la determinación del factor de escorrentía K_i se obtiene en función del área tributaria, dependiente de la impermeabilidad del lugar.

Ecuación 1.

$$K_i = 2.326(0.91I^3 - 1.19I^2 + 0.78I)$$

Donde: K_i = Factor de escorrentía e I = Factor de impermeabilidad efectiva para el área tributaria.

La escorrentía del sistema de drenaje se incluye en el factor I , tanto las áreas impermeables directamente conectadas como las porciones de áreas impermeables no conectadas que también contribuyen a la escorrentía del sitio, excepto las áreas impermeables no conectadas que drenan hacia áreas permeables. Si esto ocurre se obtiene la fracción impermeable total I_t [21].

En su artículo de Gou, hace referencia que el método racional es principalmente utilizado para predecir la escorrentía en cuencas pequeñas al diseñar estructuras de drenaje urbano. Una cuenca pequeña es definida por su hidrograma perceptivo a la intensidad de las precipitaciones de corta duración y a los efectos de almacenamiento de la escorrentía superficial [22]. Por lo general, se considera que una cuenca es pequeña cuando su área es menor a 100 acres. El método racional toma en cuenta variables como el área tributaria y la intensidad promedio del exceso de lluvia en el pasado hasta el tiempo de concentración del punto de diseño. El tiempo de concentración y el coeficiente de escorrentía son parámetros del proceso hidrológico, pero no se miden directamente. Por lo tanto, se considera que el método racional es una herramienta útil para el diseño de instalaciones de drenaje en la planificación urbana.

Considerando la recomendación que la EAB propone para áreas de drenaje pequeñas, el método racional usado para la estimación de caudales de escorrentía resulta conveniente aplicar de igual manera para el cálculo de volúmenes de calidad [21].

Ecuación 2.

$$V_c = Ch_p A$$

$$V_c = 1097.87 m^3$$

Donde V_c = volumen de tratamiento (m^3), A = área de drenaje (m^2), h_p =profundidad de lluvia en (m), y C = Coeficiente de escorrentía del área.

Las técnicas de planificación y de diseño deberán reducir los volúmenes y velocidades de escorrentía en la mayor medida posible mediante la aplicación de medidas que reduzcan al mínimo la superficie impermeable directamente conectada [14].

2.2. Métodos

Por tanto, la metodología de la propuesta de diseño a seguir se basa en criterios y técnicas provenientes de referencias bibliográficas y un análisis exhaustivo de información acerca de las zonas afectadas por inundaciones en la ciudad de Guayaquil con impacto socioeconómico alto, a partir de las cuales se puede implementar una estructura de control y gestión de las inundaciones aguas abajo. Posteriormente, se recolectó información proveniente de las estaciones pluviométricas cercanas al punto de análisis seleccionado. A continuación, se diferencian las áreas obtenidas con el objetivo de priorizar las áreas potenciales que puedan tener una mayor capacidad para optimizar el manejo de las escorrentías, mejorando la calidad del agua que posteriormente se descarga en el sistema pluvial, promoviendo el urbanismo sostenible.

El diseño geométrico de las zonas de bio-retención permite su uso para todas las partes de un emplazamiento. La forma no es crítica para las zonas de bio-retención, pero se recomienda una anchura mínima de 3 metros y una relación longitud/anchura de 2:1 permitirán la plantación aleatoria de árboles pequeños, arbustos leñosos. El lecho de tierra debe tener una profundidad mínima de 1 metro, pero generalmente va de 1,2–1,5 m [16].

Se tomo de modelo el diagrama de procedimiento de diseño geométrico, figura 6, planteado por la Universidad de los Andes [21].

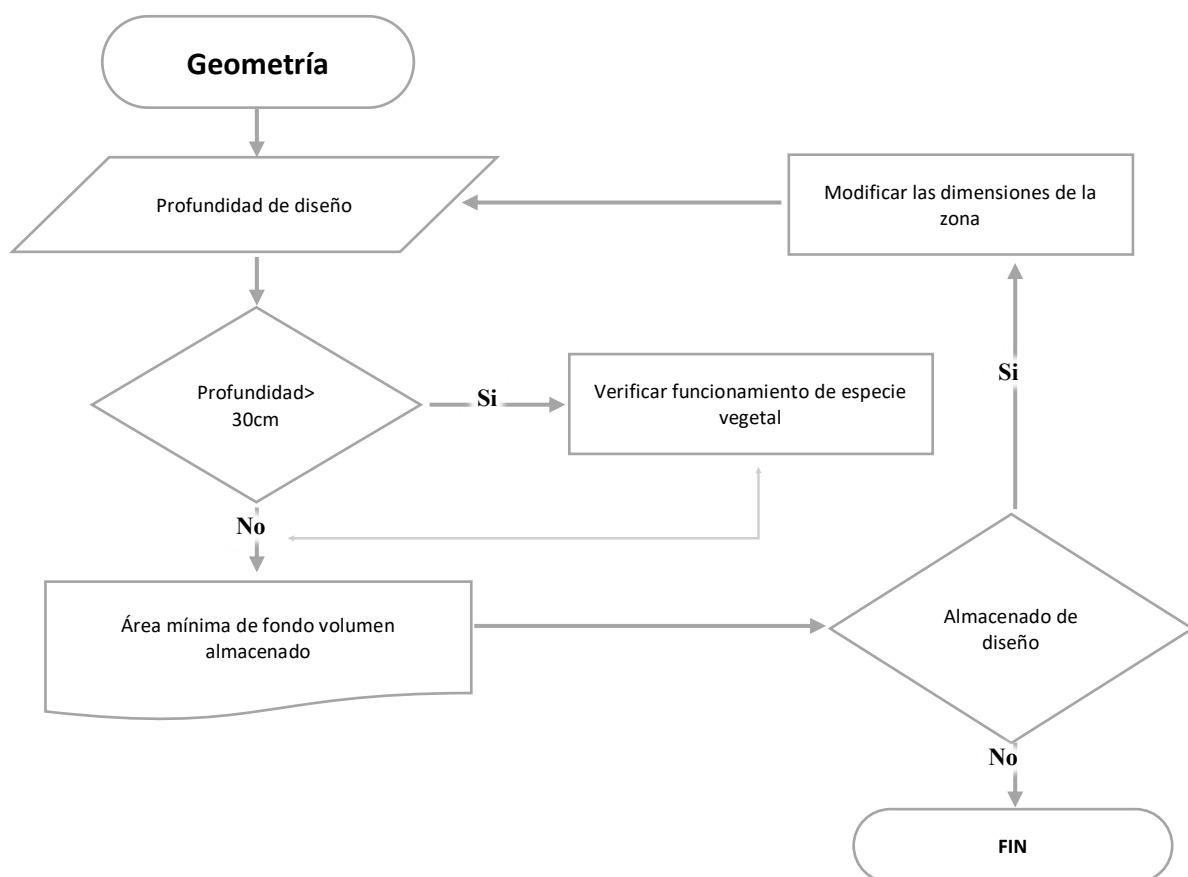


Figura 6. Jerarquía de pasos por seguir para el diseño geométrico de las áreas de bio-retención

Para determinar una sección de no infiltración, de infiltración parcial o total es necesario llevar a cabo una exploración del subsuelo. La elección de la sección adecuada dependerá del uso del suelo, las actividades y proximidad a estructuras adyacentes y las características del suelo. Para este caso, se optó por una sección de infiltración parcial que no incluye un revestimiento impermeable y permite cierta infiltración. Las aguas pluviales que no se infiltran son recogidas y eliminadas mediante un sistema de drenaje inferior [23].

3. Resultados

Se presenta un resumen de la propuesta de diseño para el sistema de bio-retención, de acuerdo con los criterios de diseños citados en los textos que le antecede a la tabla 8 y figura 7.

Tabla 8. Resumen de datos obtenidos para la propuesta de diseño geométrico.

Tipo de variable	Variable	Datos		Unidad
Hidrológica	Área tributaria	1.28		Ha
	Coefficiente de escorrentía	0.95		adimensional
	Profundidad de lluvia	90.31		mm
	Volumen de tratamiento	1097.87		m ³
Geográfica	Área disponible para zona de bio-retención	4796.75		m ²
	Nivel freático	Por debajo de los 3m		m
Geométrica	Profundidad de sustrato	0.5		m
	Sustrato	Capas	tamaño (mm)	Porcentaje
		arena	0.05 - 2	70 - 80
		limo	0.002 - 0.005	15 - 20
		arcilla	<0.002	5 - 10
	Lámina inundable	0.25		m
	Capa de separación	Espesor de 0.05 m de gravilla fina		m
	Capa de drenaje	0.20		m
	Tubería de drenaje	Ø6" con orificios de 3/8" espaciados a 6 m y con una pendiente mínima de 0.5%.		pulgadas

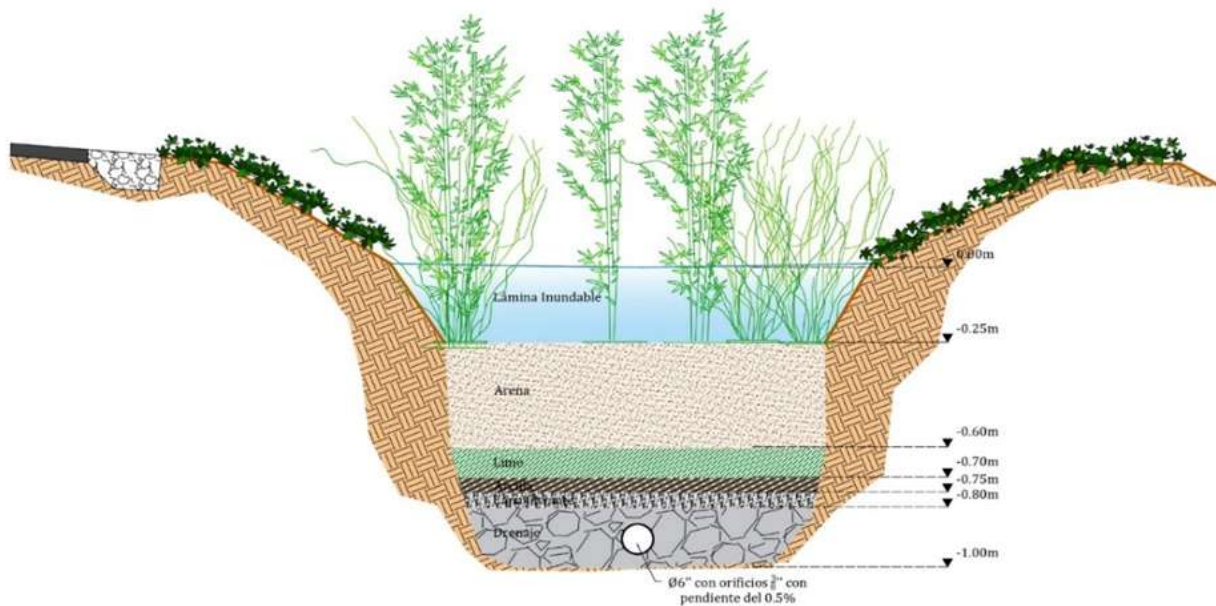


Figura 7. Propuesta de diseño geométrico del área de bio-retención.

En las áreas de bio-retención, es importante que la vegetación sea propia del ecosistema y lo suficientemente fuerte para resistir la contaminación del agua de escorrentía. Generalmente, se aplican las mismas condiciones que en las cunetas verdes, pero es recomendable incluir al menos tres tipos de arbustos para aumentar la diversidad y proteger contra plagas y enfermedades. De esta manera se facilitará la evacuación de agua y la absorción de nutrientes de manera más uniforme. Se sugiere cubrir el suelo con plantas herbáceas para evitar la erosión del mantillo. Las áreas de bio-retención también se pueden enfocar en plantaciones ornamentales para mejorar la amenidad del paisaje urbano y praderas de bajo mantenimiento [21]. Considerando las recomendaciones del Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental de Bogotá y examinando descripción en la memoria de la biodiversidad del cantón Guayaquil presentada por la municipalidad, la cual presenta una lista de la flora representativa de la urbe, se buscó las mejores especies que se adapten a climas cálidos y húmedos, con una temperatura óptima de crecimiento entre 20 y 30°C y que estén entre las recomendadas para los sistemas de bio-retención, por lo que se opta por la familia de los Cyperaceae que tienen a los *Cyperus esculentus*, *Cyperus distans*, *Cyperus luzulae*, *Cyperus odoratus*, *Cyperus rotundus* *Cyperus surinamensis* son plantas herbácea perenne que puede crecer hasta los 70 cm de altura, crecen bien en suelos de arena, limo y arcilla, considerando que estas plantas están dentro de las recomendadas para este tipo de sistemas. Adicional por la extensión del terreno se puede incluir arbustos como *Tecoma castanifolia* o *Triplaris cumingiana* recomendados en la tabla 3, por su uso en procesos de arborización urbana de Guayaquil.

4. Discusión

La evaluación de las tipología a implementar para un sistema urbano de drenaje sostenible que ayude a gestionar el volumen de escorrentías que generan las superficies pavimentadas del hospital General Universitario de Guayaquil condujo a un sistema de bio-retención, el cual ayudará a retener parte del gran volumen de aguas lluvias que generan las intensas precipitaciones en periodos cortos, en el análisis se determinó que la zona de bio-retención propuesta necesita un área de 4796,75m² con una lámina inundable de 0.25m para retener aproximadamente 1199.18 m³ de escorrentías por tormenta, que servirán de amortiguamientos para la red de alcantarillado pluvial convencional previniendo posibles colapsos aguas abajo.

La metodología empleada para la propuesta de diseño geométrico pertenece a la Guía técnica de diseño y construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá, en conjunto con el Manual de Criterios de Drenaje Pluvial Urbano Volumen 3, Mejores prácticas de gestión de aguas pluviales de la ciudad de Denver y el Manual de los SUDS (C697)

de la Asociación de Investigación e Información de la Industria de la Construcción (CIRIA), proceso que consiste en iterar valores de área superficial destinada para el sistema de bio-retención mientras se mantienen constantes la profundidad de la lámina inundable dentro de los parámetros que establece la norma y los manuales de diseño, la metodología que establece la guía técnica de diseño de Bogotá tienden a establecer áreas pequeñas, esto por los rangos de profundidades recomendadas, suposiciones de porosidad del sustrato o por porcentaje de reducción de contaminantes del volumen de escorrentías.

5. Conclusión

Es importante tener en cuenta las recomendaciones de los manuales para esta tipología de SUDS, deberá considerarse la implementación de estructuras de pretratamiento como la franja de césped o trampas de sedimentos, estructuras anexas a la entrada del sistema como disipadores de energía o baipás y estructuras anexas a la salida como tuberías perforadas subterráneas, con la finalidad de garantizar el óptimo funcionamiento de la zona de bio-retención.

Una de las partes esenciales de los sistemas de bio-retención es la evaluación de la flora local agregando una estrategia efectiva para la conservación del ecosistema, es importante la selección de plantas nativas que cumplan la función principal del sistema de bio-retención para el que fue diseñado ya sea que sirva de aliviadero de escorrentías y/o de mejoramiento de la calidad del agua que se devuelve a los afluentes cercanos al sistema.

Es trascendental sugerir que se realicen más investigaciones para evaluar la efectividad de los sistemas de bio-retención, así como otras tipologías de SUDS, estudios para ampliar el área de aporte de estos sistemas, o también analizar la factibilidad de sistemas urbanos de drenaje sostenible duales que podrían implantarse bajo parámetros climatológicos de la ciudad de Guayaquil.

Es apropiado decir que sería enriquecedor establecer una mesa técnica de discusión entre los planificadores urbanos, ingenieros ambientales, hidráulicos e hidrólogos del Ecuador para crear normativas y manuales de diseño de los sistemas urbanos de drenajes sostenibles efectivos para los diversos ecosistemas del país.

Contribución de autores: conceptualización, A.M.L.L. y C.M.; metodología, A.M.L.L. y C.M.; análisis formal, A.M.L.L. y C.M.; investigación, A.M.L.L. y C.M.; redacción-revisión y edición, A.M.L.L. y C.M.; visualización, A.M.L.L. y C.M.; supervisión, C.M.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Perales Momparler, S.; Andrés-Doménech, I. *Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible: Una Alternativa a La Gestión Del Agua de Lluvia*; Valencia, 2006.
2. Cubides, E.D.; Santos, G.E. Control de Escorrentías Urbanas Mediante Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS): Pozos/Zanjas de Infiltración. *Entre Ciencia e Ingeniería* **2018**, *12*, 32–42, doi: <http://dx.doi.org/>.
3. Real Rojas, J.E.; Hack, J.; Rincón, G. Evaluación de Infraestructura Verde Urbana Mediante El Uso de La Herramienta SWMM. Caso de Estudio: Durán. Tesis, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL): Guayaquil, 2021.
4. Semadeni-Davies, A. Implications of Climate and Urban Development on the Design of Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS). *Journal of Water and Climate Change* **2012**, *3*, 239–256, doi:10.2166/wcc.2012.043.
5. Congreso Nacional del Medio Ambiente Agua y Ciudad. Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible.; Madrid – España, November 26 2018; pp. 1–21.
6. Molina León, M.P.; Gutiérrez, L.; Salazar, J. *Sistema Urbanos de Drenaje Sostenible SUDS*; Bogotá, 2011.

7. El Universo La Mayor Lluvia Del 2021 En Guayaquil Provocó Afectaciones En 64 Zonas, Entre Inundaciones, Árboles Caídos, Canales Rebosados y Otros. *Comunidad* 2021.
8. Rodríguez, A. Inundaciones En Guayaquil ¿por Qué Se Acumula Más Agua En El Norte Que En El Sur de La Ciudad? 2023.
9. ESPOL Politécnicos Proponen Soluciones Sostenibles y Viables Para Contrarrestar Las Cíclicas Inundaciones de Guayaquil Available online: <https://www.espol.edu.ec/es/noticias/polit%C3%A9cnicos-proponen-soluciones-sostenibles-inundaciones-Guayaquil> (accessed on 15 June 2023).
10. I Care Environnement *Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático En Guayaquil*; CAF, Ed.; Guayaquil, 2018; ISBN 978-980-422-099-9.
11. Fundación Proyecta Verde; M.I. Municipalidad de Guayaquil Guia Cielo Florido. **2019**, 4-53.
12. Perales Momparler, S.; Calcerrada Romero, E.; Badenes Catalán, C.; Beltrán Pitarch, I. *Guía Básica de Diseño de Sistemas de Drenaje Sostenible Para El Término Municipal de Castelló de La Plana*; España, 2019; pp. 5-85.
13. Dirección de Ambiente *Memoria de Biodiversidad*; Guayaquil, 2020.
14. Department of Public Works, D. *Storm Drainage Design and Technical Criteria*; USA, 2013.
15. Borrero García, C.; Giraldo González, M.; Vega Salazar, L. Evaluación Del Diseño y Monitoreo de Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible. Casos de Estudio-Avenida Rincón Tabor y Jardín Botánico de Bogotá, Universidad de los Andes: Bogotá, 2016.
16. Woods-Ballard B; Kellagher R; Martin P; Jefferies C; Bray R; Shaffer *The SUDS Manual*; Ciria C697.; London, 2007; ISBN 978-0-86017-697-8.
17. IGM *Generación de Información Geo-Espacial a Escala 1: 5 000 Para La Determinación de La Aptitud Física Del Territorio y Desarrollo Urbano Mediante El Uso de Geotecnologías*; 2019.
18. Departament of Ecology State of Washington *Stormwater Management Manual for Western Washington*; Washington, 2012.
19. García de la Rosa, D. Análisis de La Vulnerabilidad Ante Inundaciones En El Sector Mi Lote, Cantón Guayaquil, Provincia Del Guayas, Mediante El Programa Hec-Ras e Implementación de Posibles Soluciones a La Problemática Planteada. Tesis, Universidad de Guayaquil: Guayaquil, 2022.
20. Maryland Departament of the Environment *Chapter 3. Performance Criteria for Urban BMP Design*; USA, 2009.
21. CIIA *Investigación de Las Tipologías y/o Tecnologías de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) Que Más Se Adapten a Las Condiciones de La Ciudad de Bogotá D.C. Producto 3 – Guía Técnica de Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)*.; Bogotá, 2017.
22. Guo, J.C.Y. Rational Hydrograph Method for Small Urban Watersheds. *J Hydrol Eng* **2001**.
23. UDFCD *Urban Storm Drainage Criteria Manual: Volume 3 Best Management Practices*; Denver, 2010.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

La preferencia materna en la patria potestad a la luz del derecho constitucional ecuatoriano

Bárbara Flores Romero¹  Juan Pablo Santamaría Velasco¹ 

¹ Universidad Tecnológica Indoamérica, Facultad de Jurisprudencia Ciencias Políticas y Económicas, Ambato – Ecuador.

✉ Correspondencia: cflores14@indoamerica.edu.ec ☎ + 593 961188829

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62075>

Resumen: La patria potestad es la obligación del cumplimiento efectivo de derechos para el desarrollo de un niño, niña y adolescente, considerando aspectos generales como la educación, salud, vestimenta y alimentación, para ello es importante analizar la sentencia No. 28–15–IN/21 y establecer el tipo de responsabilidad compartida entre los progenitores, la metodología empleada permite realizar un análisis documental y normativo para triangular información y establecer un criterio jurídico, identificando que la legislación no exime al padre de la patria potestad, ni obliga a la madre a ser responsable de la misma, las preferencias se dan desde una concepción social y no jurídica.

Palabras claves: patria potestad, progenitores, obligaciones, legislación, responsabilidad, derechos, niño, niña y adolescente.

Maternal preference in parental authority in light of Ecuadorian constitutional law.

Abstract: Parental authority is the obligation of the effective fulfillment of rights for the development of a minor, considering general aspects such as education, health, clothing and food, for this it is important to analyze judgment No. 28–15–IN/21 and establish the type of responsibility shared between the parents, the methodology used allows for a documentary and regulatory analysis to triangulate information and establish a legal criterion, identifying that the legislation does not exempt the father from parental authority, nor does it oblige the mother to be responsible of the same, the preferences are given from a social and not a legal conception.

Keywords: Parental authority, parents, obligations, legislation, responsibility, rights, minors.



Cita: Flores Romero, B., & Santamaría Velasco, J. P. (2023). La preferencia materna en la patria potestad a la luz del derecho constitucional ecuatoriano. Green World Journal, 6(2), 075. <https://doi.org/https://doi.org/10.53313/gwj62075>

Received: 03/junio /2023

Accepted: 14/julio /2023

Published: 18/julio /2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license. Creative Commons Attribution (CC BY). <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

1. Introducción

En el ámbito jurídico y conceptual la patria potestad se enfoca en la responsabilidad, derechos y obligaciones que los padres o progenitores tienen con sus hijos en sus etapas de niños, niñas y adolescentes [1]. Es un principio arraigado en el reconocimiento de las facultades legales y exigibles para el ejercicio de los derechos humanos, en donde el cuidado, protección y educación son garantías a cargo de los progenitores. A lo largo de la historia, la concepción de la patria potestad ha evolucionado, alejándose de los enfoques tradicionales de roles rígidos y desequilibrados entre el padre y la madre. Hoy en día, se valora cada vez más la importancia de una responsabilidad compartida y equitativa entre los progenitores [2], en esta investigación se analiza detalladamente los derechos y obligaciones expuestos en la Sentencia No. 28–15–IN/21 en relación a la patria potestad, destacando la relevancia de una responsabilidad compartida en beneficio de los hijos, para no llegar a la discriminación del padre puesto que en relación a la patria potestad esta generalmente se enfoca en el derecho preferente de tenencia de la madre. Lo que afecta la igualdad de derechos del progenitor.

Los derechos de la patria potestad son el conjunto de facultades y prerrogativas que los padres tienen sobre sus hijos, con el fin de velar por su bienestar, desarrollo y protección [3]. Estos derechos son fundamentales para garantizar el cuidado y la crianza adecuada de los hijos, abarcando diversas áreas de su vida. “La patria potestad aparece como un efecto legal y propio de la relación paterno-filial; se configura como una función tuitiva general, comprensiva tanto de la esfera patrimonial como de la esfera personal de los niños, niñas y adolescentes; se la concibe como un sistema de protección y cuidado” [4]. Para el autor, uno de los derechos más significativos en la patria potestad es el derecho de tomar decisiones en asuntos importantes.

Los progenitores tienen la facultad de tomar decisiones en nombre de sus hijos en aspectos que afectan su vida, como la educación, la salud, la religión y las actividades extracurriculares [5]. Esto implica la capacidad de elegir la escuela a la que asistirán, tomar decisiones médicas en caso de enfermedad o tratamiento necesario, decidir sobre su participación en actividades religiosas y culturales, entre otros aspectos relevantes. Este derecho permite a los padres ejercer su autoridad y utilizar su conocimiento y juicio para tomar decisiones que beneficien el bienestar y desarrollo de sus hijos [6].

La patria potestad es el derecho que tienen sus progenitores en disfrutar de la compañía y convivencia de los niños, niñas y adolescentes. Esto implica la posibilidad de vivir con ellos y mantener una relación afectiva cercana y continua, proporcionándoles amor, apoyo emocional y un ambiente familiar estable, cumpliendo un papel crucial en el desarrollo afectivo de los niños, brindándoles un entorno seguro y afectuoso en el que puedan crecer y desarrollarse [7]. Además, los padres tienen el derecho a recibir información relevante sobre sus hijos y a mantener una comunicación adecuada con ellos, inclusive en aspectos generales como el progreso académico, el estado de salud y cualquier otro aspecto significativo. Asimismo, los progenitores tienen el derecho de comunicarse con sus hijos y mantener un contacto regular, ya sea personalmente o a través de medios de comunicación, interacción que involucre una relación, orientación, apoyo y vínculo afectivo entre ellos [8].

2. Materiales y métodos

2.1. Materiales

El análisis del artículo se lo ejecutó mediante una revisión documental y normativa, puesto que se consideraron elementos de derecho en relación con la Sentencia No. 28-15-IN/21, tomando la patria potestad de un niño, niña y adolescente, en base a la igual de género de los padres, utilizando técnicas de recolección de información y posterior a esto analizar y discernir la misma.

2.2. Métodos

En relación a la metodología se empleó una investigación cualitativa ya que la finalidad es analizar, observar, caracterizar un fenómeno social para luego emitir un criterio jurídico, además es un estudio no experimental porque su análisis solo se basó en la observación e interpretación crítica y jurídica que fundamenta a la investigación y temática. En relación con el nivel de profundidad del artículo se empleó una investigación netamente descriptiva, por la utilización de medios bibliográficos y documentales que permitieron caracterizar los elementos de convicción que sustentan la preferencia materna en la patria potestad a la luz del derecho constitucional ecuatoriano.

3. Resultados

Los resultados se trabajaron a través de la triangulación de información “la triangulación de datos tiene la finalidad de aplicar métodos utilizados durante la observación o interpretación del fenómeno sean de corte cualitativo para que éstos sean equiparables. Esta triangulación consiste en la verificación y comparación de la información obtenida en diferentes momentos mediante los diferentes métodos” [9]. En este sentido la redacción de los resultados en la relación ejecutada entre la normativa constitucional del Ecuador, lo que expresan los instrumentos internacionales y la Sentencia No. 28-15-IN/21, que permitió llegar a conclusiones concretas.

Los resultados se focalizan en caracterizar la legislación internacional y nacional sobre la responsabilidad de los progenitores en el cuidado y goce pleno de derechos humanos, es así que en este apartado se hace una revisión teórica y jurídica basada en la normativa legal ecuatoriana y sobre el derecho preferente de la madre basada en el análisis de la sentencia No. 28-15-IN/21. Siendo un antecedente el cumplimiento, pleno goce y exigibilidad de los derechos humanos de niños, niñas y adolescentes, entre ellos los derechos relacionados a la temática de análisis.

3.1 Análisis de la Sentencia No. 28-15-IN/21

La sentencia tiene como objetivo identificar ante todo juzgamiento social que la patria potestad es una obligación y derecho de los progenitores, que jurídicamente no se establece que la madre sea a quien se le otorga la totalidad de esta, si han existido antecedentes de igualdad en el ejercicio de responsabilidades por parte del padre. Las responsabilidades parentales compartidas suelen ir en beneficio del interés superior del niño. Sin embargo, en las decisiones relativas a la responsabilidad parental, el único criterio debe ser el interés superior del niño en particular. Es contrario al interés superior que la ley conceda automáticamente la responsabilidad parental a uno de los progenitores o a ambos. Al evaluar el interés superior del niño, el juez debe tener en cuenta el derecho del niño a conservar la relación con ambos progenitores, junto con los demás elementos pertinentes para el caso [10]

Es así que se evidencia que, en relación a la legislación de la normativa y la sentencia, no existe igualdad de patria potestad compartida, puesto que se considera como un caso de discriminación al intentar buscar de forma jurídica que se le proporcione las mismas opciones al padre. Que la sociedad de la cual formamos parte haya alcanzado a grado legislativo el equilibrio de derechos entre hombres y féminas es un gran logro, sin embargo, no es suficiente. Comprometiéndose a que hombres y mujeres disfruten de forma igualitaria los derechos económicos, sociales y culturales relatados en el archivo. Sino que, al redactarlas, se necesita considerar la diferencia económica, social, cultural y biológica existente, para lograr superarla y no continuar perpetuando un estado que relega a la mujer a un segundo plano.

La igualdad de género y la equidad en la patria potestad son conceptos fundamentales que buscan asegurar un trato justo y equitativo tanto para las madres como para los padres en el ejercicio de sus derechos y responsabilidades sobre sus hijos. Estos principios se basan en reconocer que hombres y mujeres tienen los mismos derechos y deberes en relación con la crianza y el cuidado de sus hijos. El derecho a la igualdad está consagrado la normativa máxima del Ecuador en conformidad “Art. 66.– Se reconoce y garantizará a las personas: literal 4, derecho a la igualdad formal, igualdad material y no discriminación” [11]

La igualdad de género en relación a la patria potestad implica tratar a los padres y las madres de manera justa y sin discriminación en el ámbito de la patria potestad. Esto significa que ambos progenitores deben tener las mismas oportunidades y derechos en la toma de decisiones importantes sobre sus hijos, como la educación, la salud y la crianza. La igualdad de género también implica reconocer y valorar las habilidades y capacidades individuales de cada padre y madre, en lugar de basarse en estereotipos de género [12].

La equidad, por su parte, busca garantizar que las diferencias de género no generen desigualdades en el ejercicio de la patria potestad. Reconoce que las necesidades y circunstancias de cada familia pueden variar y que es importante adaptar las responsabilidades y roles parentales de manera justa y equitativa [13]. Esto implica considerar las habilidades, disponibilidad y preferencias de cada padre y madre, así como las necesidades y el bienestar de los hijos, para asegurar una distribución equitativa de las responsabilidades y la toma de decisiones.

Es esencial promover una la patria potestad igualitaria para fomentar una crianza y un cuidado de los hijos más inclusivo y enriquecedor. Al reconocer y valorar las contribuciones de ambos padres, ligadas a la participación del padre de familia en la crianza y cuidado de los hijos. En este sentido, es importante que las leyes y políticas en materia de patria potestad promuevan activamente la igualdad de género y la equidad. Esto puede incluir el establecimiento de normas que aseguren la participación equitativa de ambos padres en la toma de decisiones y en las responsabilidades parentales, así como la promoción de programas y servicios que fomenten la conciliación entre la vida familiar y laboral para ambos sexos [14].

3.2. La tenencia o guarda de los hijos

A pesar de que la tenencia y guarda en relación a los hijos son términos que fácilmente se pueden confundir, en materia de derecho son muy distintos, como antecedentes hay que mencionar que estos conceptos son empleados cuando dentro de un núcleo familiar los padres deciden separarse o divorciarse y en donde se necesita de forma obligatoria llegar acuerdos que permitan que además de compartir con los niños, niñas y adolescentes producto de dicha relación, se exija responsabilidades compartidas entre los progenitores del o los niños, niñas y adolescentes [15].

El objetivo de la tenencia o guarda de los niños, niñas y adolescentes no está relacionado en las pretensiones individuales de los padres, sino el derecho jurídico y constitucional que tienen los niños, niñas y adolescentes para crecer y desarrollarse en un ambiente sano y con el cuidado de sus padres. “la tenencia y guarda están orientadas al encargo de sus hijos menores de edad y la adquisición de la obligación que tienen sus padres para garantizar la crianza y que sus hijos y estos gocen de sus derechos inherentes a su edad” [16]. A pesar de ello, no existe un pacto entre los dos progenitores sobre quién va a tener la guarda de los hijos, va a ser el juez quien determine este factor. Una vez conseguidas estas pruebas o recursos, ponderará las mismas para dictaminar qué persona o progenitor va a tener la guarda de los hijos, con la hipótesis importante que dicho progenitor es adecuado en asegurar y dar una seguridad y equilibrio en el desarrollo integral de los hijos.

La tenencia o guarda no exime a ninguno de los progenitores los derechos sobre los niños, niñas y adolescentes, sin embargo, existen factores externos entre ellos violencia o situaciones de riesgo que una vez comprobadas pueden limitar el grado de relación de cualquiera de los padres con sus hijos. En el marco normativo internacional y nacional no se establece como tal que la madre de forma preferente sea quien tiene la tenencia o guarda de los niños, niñas y adolescentes [17].

3.3. Legislación Ecuatoriana

Mediante la revisión del marco jurídico ecuatoriano, se colige que no existe la figura de la tenencia compartida que es la que puede promover la igualdad de derechos entre los padres, lo que denota la necesidad de legislarla como tal, debido a que la misma posibilita la asunción de los compromisos parentales usuales sobre los hijos, y no con la excepción de que uno de los cónyuges la ejerza por separado, perjudicado de forma directa el desarrollo de los hijos dependientes. Fundamentación jurídica

En conformidad a la normativa máxima del Ecuador se establece en el “Art. 45.– Las niñas, niños y adolescentes gozarán de los derechos comunes del ser humano, además de los específicos de su edad. El Estado reconocerá y garantizará la vida, incluido el cuidado y protección desde la concepción (...)” [18]. [19]. De tal manera que se establece la responsabilidad de los progenitores en relación a los niños, niñas y adolescentes para dar cumplimiento y ejercicio de los derechos expresos en la normativa correspondientes. Otras de las normativas que regulan la responsabilidad, tenencia y patria potestad de los niños, niñas y adolescentes son el Código de la Niñez y Adolescencia, normativa que establece derechos, obligaciones, principios y elementos jurídicos en relación a los niños, niñas y adolescentes. Es así, que se norma en el “Art. 105.– Concepto y contenidos. – La patria potestad no solamente es el conjunto de derechos sino también de obligaciones de los padres relativos a sus hijos e hijas no emancipados, referentes al cuidado, educación, desarrollo integral, defensa de derechos y garantías de los hijos de conformidad con la Constitución y la ley” [19].

La patria potestad no es un derecho dirigido hacia un niño, niña y adolescente, sino una obligación de los padres hay que señalar que independientemente de que, si se suspende o se pierde la misma, las obligaciones de los progenitores siguen siendo obligatorias. Y esto no solo está direccionada a la madre sino también al padre, no existe normativa alguna que establezca la responsabilidad de tenencia y patria potestad solo ejercida por la madre.

3.4. Obligaciones de la patria potestad

La patria potestad trae consigo el ejercicio de obligaciones en relación a la educación, alimentación, crianza y desarrollo pleno de un niño, niña y adolescente, las obligaciones se establecen de forma jurídica ante un juzgado y en conformidad a las normativas ecuatorianas [20].

Con el fin de garantizar que los niños vivan en un entorno libre de peligros físicos, emocionales o psicológicos. Los padres deben tomar medidas para proteger a sus hijos de situaciones que puedan causarles daño, tanto en el hogar como fuera de él. Esto incluye proporcionar una vivienda segura, asegurarse de que tengan acceso a una alimentación adecuada, recibir atención médica cuando sea necesario y protegerlos de cualquier forma de abuso o negligencia. Esto implica proveerles de alimentos, vestimenta, atención médica y educación adecuada. Los niños dependen de sus padres para satisfacer estas necesidades fundamentales y es responsabilidad de los padres asegurarse de que se cumplan de manera adecuada y oportuna.

Otra obligación importante de la patria potestad es brindar una educación adecuada a sus hijos. Esto implica no solo asegurar que los niños asistan a la escuela, sino también fomentar su desarrollo intelectual, moral y social, siendo un apoyo en su aprendizaje, supervisando su progreso académico y brindándoles las oportunidades necesarias para su desarrollo educativo. El Código Civil del Ecuador norma en el “Art. 283.– La patria potestad es el conjunto de derechos que tienen los padres sobre sus hijos no emancipados. Los hijos de cualquier edad, no emancipados, ¡se llaman hijos de familia; y los padres, con relación a ellos, padres de familia” [21].

La patria potestad también implica la obligación de promover el bienestar emocional y psicológico de los hijos. Los padres deben estar atentos a las necesidades emocionales de sus hijos y brindarles un ambiente de amor, apoyo y seguridad emocional. Esto implica escuchar y comprender sus sentimientos, proporcionarles consuelo en momentos de dificultad y fomentar una comunicación abierta y afectuosa. Los padres también deben ayudar a sus hijos a desarrollar habilidades emocionales y sociales, promoviendo su autoestima y confianza en sí mismos.

La responsabilidad de la patria potestad es fomentar la participación y el desarrollo de los hijos en actividades culturales, deportivas y recreativas. Los padres deben incentivar a sus hijos a explorar sus intereses y talentos, y brindarles las oportunidades necesarias para su desarrollo en estas áreas. Esto implica apoyar y alentar su participación en actividades extracurriculares, promoviendo su desarrollo físico, creativo y social.

3.5. Beneficios de una responsabilidad compartida

La responsabilidad compartida sin importar si los progenitores de un niño, niña y adolescente están juntos o separados, se convierte en un beneficio y derecho que permite que los mismos se desarrollen bajo el pleno ejercicio de sus derechos. Acuña San Martín (2013) expresa:

La responsabilidad que incumbe a ambos padres en la crianza y educación de los hijos, esto es, la corresponsabilidad parental, aparece indisolublemente ligada, (...) al interés superior del niño, en términos que puede postularse que a ambos padres les corresponden responsabilidades respecto de sus hijos no tanto porque ambos tienen iguales derechos, sino porque así lo demanda el interés superior de los niños. (p.34)

En primer lugar, la responsabilidad compartida promueve un ambiente familiar más equilibrado y saludable. Cuando ambos padres están involucrados de manera activa en la crianza de sus hijos, se crea un entorno en el que los roles y las responsabilidades se distribuyen de manera equitativa. Esto permite que los hijos se beneficien de la diversidad de enfoques y experiencias que cada progenitor aporta a la crianza, lo que les brinda una perspectiva más

completa y enriquecedora del mundo. Además, la responsabilidad compartida fortalece el vínculo afectivo entre los padres y los hijos. Cuando ambos padres se comprometen de manera equitativa en la crianza, se establece una relación de confianza y apego sólida. Los hijos sienten el apoyo y la presencia de ambos padres en su vida cotidiana, lo que les brinda seguridad emocional y un sentido de pertenencia. Esta conexión emocional profunda con ambos progenitores contribuye a un desarrollo saludable de la autoestima y la confianza en sí mismos [23].

La responsabilidad compartida también permite a los padres disfrutar de una mayor satisfacción y realización personal. Al compartir las responsabilidades de la crianza, se reducen las cargas y presiones individuales que cada padre puede experimentar. Esto les brinda la oportunidad de equilibrar mejor sus vidas personales y profesionales, lo que a su vez reduce el estrés y mejora su bienestar general. Asimismo, el involucramiento equitativo de ambos padres en la crianza fortalece su relación como pareja, al fomentar la comunicación, la colaboración y el apoyo mutuo [24].

Desde una perspectiva social, la intencionalidad de una patria potestad compartida es promover la igualdad de género y desafía los estereotipos tradicionales de roles de género. Cuando ambos padres asumen una participación activa y equitativa en la crianza, se rompen las barreras de género y se fomenta una sociedad más igualitaria. Esto envía un mensaje poderoso a los hijos, mostrándoles que los roles y las responsabilidades no están determinados por el género, y promoviendo una mentalidad de igualdad y respeto.

Además, la responsabilidad compartida en la crianza contribuye a la formación de ciudadanos responsables y empáticos. Los hijos que crecen en un entorno en el que ambos padres están igualmente involucrados en su crianza aprenden desde temprana edad el valor de la colaboración, el respeto y la responsabilidad compartida. Esto les proporciona habilidades sociales y emocionales que serán fundamentales en su vida adulta, favoreciendo la construcción de relaciones saludables y el compromiso con la sociedad [25].

4. Discusión

4.1. Situaciones especiales y desafíos en la patria potestad

La patria potestad puede presentar situaciones especiales y desafíos que requieren una atención y consideración particular. Estas situaciones pueden surgir debido a circunstancias individuales, como la separación o el divorcio de los padres, la existencia de familias monoparentales o ensambladas, la custodia compartida, la violencia doméstica o la adopción. A continuación, se detallan algunas de estas situaciones y los desafíos que implican en el contexto de la patria potestad. En el caso de separación o divorcio de los padres, uno de los desafíos más comunes es establecer acuerdos de custodia y visitas que sean justos y beneficiosos para el bienestar de los hijos. En estos casos, es fundamental priorizar el interés superior del niño y buscar soluciones que promuevan su estabilidad emocional y desarrollo. Los padres deben aprender a colaborar y comunicarse efectivamente, estableciendo pautas claras y respetando los derechos y necesidades de cada uno, así como de los hijos [26].

En las familias monoparentales o ensambladas, donde un solo padre o una nueva pareja asumen la responsabilidad de la crianza, pueden surgir desafíos adicionales. Es importante asegurar que el padre o la pareja que ejerza la patria potestad tengan el apoyo necesario para cubrir todas las necesidades del niño y fomentar su desarrollo integral. Esto implica establecer redes de apoyo, acceder a recursos comunitarios y desarrollar estrategias efectivas de crianza.

La custodia compartida también puede plantear desafíos en la patria potestad. En estos casos, es fundamental establecer una comunicación abierta y colaborativa entre los padres, así

como establecer acuerdos claros sobre la toma de decisiones y la distribución de responsabilidades. La coordinación y la flexibilidad son elementos clave para asegurar que el bienestar de los hijos se mantenga como una prioridad, a pesar de las dinámicas complejas que pueden surgir en una situación de custodia compartida. En situaciones de violencia doméstica, la patria potestad puede ser aún más compleja. La seguridad y el bienestar de los hijos deben ser la principal preocupación, y es importante tomar medidas para protegerlos de cualquier forma de abuso o negligencia. En estos casos, puede ser necesario recurrir a medidas legales y obtener apoyo profesional, como servicios de asesoramiento o intervención especializada, para garantizar la protección de los niños y promover su recuperación emocional [27].

En el caso de adopciones, tanto adoptivas como por parte de familiares cercanos, se presentan desafíos específicos en relación con el establecimiento de vínculos afectivos, la adaptación a un nuevo entorno familiar y la integración de los niños en la dinámica familiar existente. Los padres adoptivos deben estar preparados para brindar un apoyo emocional y psicológico adicional, y contar con los recursos necesarios para ayudar a los niños a transitar y adaptarse a los cambios que implica la adopción [28].

4.2. El interés superior del niño

El principio del interés superior del niño es un concepto fundamental en el ámbito de la patria potestad y tiene como objetivo primordial garantizar el bienestar y desarrollo integral de los niños. Este principio establece que, al tomar decisiones relacionadas con la crianza y el cuidado de los hijos, se debe priorizar lo que sea mejor para ellos, teniendo en cuenta sus necesidades físicas, emocionales, educativas y sociales. El interés superior del niño es un enfoque holístico que busca proteger y promover todos los aspectos de la vida de los niños [3].

Esto implica considerar factores como su salud y seguridad, su desarrollo emocional y psicológico, su educación y desarrollo académico, así como su entorno social y cultural. Cada decisión tomada en el contexto de la patria potestad debe ser evaluada en función de cómo afectará el bienestar general del niño a corto y largo plazo. “En los procesos de protección de la niñez y de la adolescencia, el principio de interés superior de los niños y niñas (ISN) es el eje diamantino con el que se fundamentan todas y cada una de las decisiones judiciales” [29]. Es importante destacar que el interés superior del niño es un principio flexible y adaptable, que debe aplicarse de manera individualizada a cada situación específica.

Las necesidades de los niños pueden variar según su edad, etapa de desarrollo, personalidad y circunstancias particulares. Por lo tanto, las decisiones relacionadas con la patria potestad deben tener en cuenta estas diferencias individuales y buscar soluciones que sean adecuadas y adaptadas a las necesidades de cada niño. Además, el interés superior del niño implica la participación activa de los padres en el proceso de toma de decisiones. Los padres deben actuar como defensores y representantes legales de sus hijos, teniendo en cuenta sus opiniones y deseos en la medida en que sean apropiados para su edad y nivel de madurez. Es importante fomentar la participación de los niños en la medida en que esto sea posible, ya que esto les brinda la oportunidad de desarrollar habilidades de autodeterminación y contribuye a su sentido de pertenencia y autonomía [30].

Este principio también establece la importancia de la colaboración y el diálogo entre los padres y otros actores involucrados en el cuidado y protección de los niños. Esto puede incluir a profesionales de la salud, educadores, trabajadores sociales u otros miembros de la familia. El intercambio de información y la coordinación de esfuerzos son fundamentales para asegurar que las decisiones tomadas en relación con la patria potestad sean coherentes y estén alineadas con el interés superior del niño [31].

5. Conclusión

Se determinó que la patria potestad representa una responsabilidad compartida entre ambos progenitores, que busca el bienestar y desarrollo integral de los hijos. Este ensayo ha explorado diversos aspectos relacionados con la patria potestad y ha destacado la importancia de fomentar una participación activa y equitativa de ambos padres en el desarrollo efectivo de los niños, niñas y adolescentes. A partir del análisis conceptual se ha establecido que se trata de un conjunto de obligaciones normadas y de carácter jurídico.

Se demostró que los derechos de la patria potestad incluyen la toma de decisiones importantes en la vida de los hijos, como la educación, la salud, la religión y la representación legal. Esto promueve un ambiente familiar más equilibrado y enriquecedor para los hijos, ya que les brinda la oportunidad de beneficiarse de la diversidad de perspectivas y experiencias que cada padre aporta a la crianza.

Se identificó que la patria potestad también implica una serie de obligaciones por parte de los padres, en donde se incluyen y promueven las necesidades básicas de los hijos, asegurar su seguridad y bienestar, brindarles afecto y apoyo emocional, y promover su educación y desarrollo integral. La responsabilidad compartida en el cumplimiento de estas obligaciones fortalece el vínculo afectivo entre los padres y los hijos, y contribuye a la formación de ciudadanos responsables y empáticos.

Se demostró la importancia de la igualdad de género y la equidad en la patria potestad. La igualdad de género implica desafiar los estereotipos tradicionales de roles de género y promover una participación equitativa de los progenitores en la crianza y cuidado de los hijos. La equidad implica reconocer y abordar las necesidades y circunstancias individuales de cada familia.

Se determinó que una responsabilidad compartida en la patria potestad conlleva una serie de para los hijos y la sociedad en general. Estos beneficios incluyen un ambiente familiar más equilibrado y saludable, un fortalecimiento del vínculo afectivo entre los padres y los hijos, una mayor satisfacción y realización personal para los padres, la promoción de la igualdad y la formación de ciudadanos responsables y empáticos.

Se concluyó que la patria potestad representa una responsabilidad compartida que busca el bienestar de los hijos. Es fundamental reconocer la importancia de la participación equitativa en la toma de decisiones, la crianza activa y la colaboración en el desarrollo integral de los hijos. Promover una responsabilidad compartida en la patria potestad contribuye a construir familias más sólidas, a formar ciudadanos responsables y a crear una sociedad más equitativa y empática.

Contribución de autores: conceptualización, metodología, B.R y S.J; redacción–revisión y edición, B.R.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Flores, A.C.P.; Erazo, X.E.M.; Ruiz, S.D.G. Análisis de la tenencia monoparental y el derecho constitucional a la familia en Ecuador. *MUNDO RECURSIVO* 2022, 5, 102–120.
2. Catalán Frias, M.J. La custodia compartida. *Rev. Derecho y Criminol.* 2011.

3. Concha, G.B. Interés Superior del Niño: Derecho de Rango Constitucional, Su Recepción en la Legislación Nacional y Aplicación en la Jurisprudencia, El. *Rev. Chil. derecho* **2001**, *28*, 355.
4. Muglisa Bravo, C.F. El ejercicio de la patria potestad como derecho de los progenitores y el principio constitucional de equidad de género. **2020**.
5. Llevot Calvet, N.; Bernad Caverio, O. La participación de las familias en la escuela: factores clave. *Rev. la Asoc. Sociol. la Educ. (RASE)*, 2015, vol. 8, núm. 1, p. 57–70 **2015**.
6. Cedeño-Cobena, J.A. El derecho de igualdad frente a la tenencia compartida en el Ecuador. *Polo del Conoc.* **2022**, *7*, 930–954.
7. Oña, L.X.C.; Maliza, M.E.M.; Ramos, E.L.H.; Torres, D.F.T. El incumplimiento al régimen de visitas y su vulneración al derecho a la convivencia familiar. *Dilemas Contemp. Educ. Política y Valores* **2019**.
8. Cárdenas, E.J. *La mediación en conflictos familiares: lo que hay que saber*, Lumen/Humanitas, 1999; ISBN 9507248064.
9. Revelo Romero, K.Y. Análisis del currículo nacional de educación obligatoria, frente a las orientaciones metodológicas para la enseñanza de historia. **2021**.
10. Corte Constitucional del Ecuador Sentencia No. 28–15–IN/21 . Available online: <https://www.corteconstitucional.gob.ec>.
11. Constitución de la República del Ecuador *Art. 14*; 2008;
12. León Ayavaca, N.S. Análisis de los argumentos esgrimidos en la sentencia no. 28–15–in/21 que resuelve la inconstitucionalidad para confiar la patria potestad respecto a la igualdad de género y no discriminación entre los progenitores. **2022**.
13. Farinango, S.G. Principio de igualdad y no discriminación: Tenencia respecto de la sentencia 28–15 CC. **2022**.
14. Pandal Mamani, M.J. La institución jurídica del divorcio y la protección del interés superior del niño en la localidad de San Juan Pampa, Pasco, 2019. **2021**.
15. Palomino Rivas, A. EL DILEMA COLATERAL ENTRE DERECHO, DEBER Y ATRIBUTO RESPECTO A LA PATRIA POTESTAD, LA TENENCIA, LA CUSTODIA Y LA GUARDA: UN ANÁLISIS DOCTRINAL, HUANCAMELICA–2018. **2019**.
16. García Castelo, M.G. Las reglas para la tenencia de los hijos menores de edad cuyos padres se divorcian y los derechos de estos **2020**.
17. Rivera Calva, K.P. La Tenencia del menor de edad a padres de diferentes países entre Ecuador y Europa. **2016**.
18. Constitución Política de la República del Ecuador Constitución Política de la República del Ecuador. *Asam. del Ecuador* **2008**, 1–54.
19. Código de la Niñez y Adolescencia República del Ecuador . Available online: https://www.igualdad.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/11/codigo_ninezyadolescencia.pdf.
20. Carreño Velásquez, V.V. Patria potestad en familias ensambladas y el interés superior del niño, 1er juzgado de familia, San Juan de Lurigancho, 2019. **2021**.
21. Código Civil Norma Vigente.
22. Acuña San Martín, M. El principio de corresponsabilidad parental. *Rev. derecho* **2013**, *20*, 21–59.
23. Aguayo, F.; Kimelman, E. Programa P Bolivia: un manual para la paternidad activa. Padres y madres por una crianza positiva, compartida y sin violencia. **2016**.

24. Cano Muñoz, M. de los Á. Sentido y fundamento de las Escuelas de Padres y Madres: orientaciones para una responsabilidad compartida. **2015**.
25. Coto, M.G.; Cubillo, N.S. Crianza Respetuosa: Hacia una parentalidad centrada en las niñas y los niños. *Estudios* **2020**, 428–450.
26. Montesdeoca Molina, B. La actual situación jurídica de los niños, niñas y adolescentes huérfanos por feminicidio. **2020**.
27. Bermeo Valencia, G.E. Tuición compartida en el derecho comparado. 2009.
28. Castrillo García, M. Apoyo en la construcción del apego en familias adoptivas. **2017**.
29. López-Contreras, R.E. Interés superior de los niños y niñas: Definición y contenido. *Rev. Latinoam. Ciencias Soc. Niñez y Juv.* **2015**, 13, 51–70.
30. Vived Conte, E. *Habilidades sociales, autonomía personal y autorregulación*; Prensas de la Universidad de Zaragoza, 2011; Vol. 194; ISBN 8415274122.
31. Chávez Granda, J.; Chevarría Pineda, J.E. El interés superior del niño, niña y adolescente: un estudio sobre su regulación en la legislación peruana y su aplicación en la jurisprudencia sobre tenencia. **2018**.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Estrategias de circularidad para la reducción de impactos: diseño de una mezcla asfáltica caliente con caucho reciclado en la provincia del Azuay

Juan Diego Moscoso-Saquicela ¹  Beatriz Rivela Carballal ^{1,2} 

¹ Universidad Católica de Cuenca. Unidad de Postgrados. Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable. Cuenca, Ecuador.

² InViable Life Cycle Thinking. Madrid, España.

✉ Correspondencia: uan.moscoso.28@ucacue.edu.ec

☎ + 593 99 926 8154

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62076>

Resumen: En Ecuador se desechan anualmente más de 2.400.000 neumáticos, muchos de ellos terminan en terrenos baldíos, orillas de carreteras, o cuerpos de agua, por consiguiente, se genera contaminación; esta cantidad va en aumento cada año. Este tipo de cauchos de neumáticos requiere mucho tiempo para degradarse naturalmente, por lo que permanecen durante largos lapsos en el medio ambiente debido a su compleja composición reticulada, y a los aditivos utilizados durante la fabricación. Para realizar mezclas asfálticas en caliente, los áridos ocupan al menos tres cuartas partes de su volumen y deben regirse a ciertas especificaciones de calidad. Actualmente, los que cumplen con estas características en la provincia del Azuay son escasos y, por ende, su costo ha aumentado; además, el parque automotor en los últimos tres años en Cuenca ha crecido en un 13% y cada año continúa en aumento, ocasionando que pavimentos de asfalto se deterioren en tiempos cortos. Por lo anteriormente expuesto, se ha realizado una investigación experimental con el objetivo de efectuar la combinación de áridos que forman parte fundamental en la realización de mezcla asfáltica en caliente, con polvo de caucho en distintas dosificaciones, mismo que se obtendrá del reciclado de llantas que han cumplido su vida útil; de estas combinaciones se han identificado aquellas en las que se mejora la calidad de mezcla asfáltica sin aditivo, disminuyendo su costo de producción y aumentando la vida útil, de manera que se reduzca la contaminación del medio ambiente y se mejore el rendimiento de pavimentos en la provincia del Azuay. Con esta investigación se obtuvo que, al añadir el polvo de caucho en la mezcla asfáltica, el peso específico “bulk” es levemente inferior al del asfalto patrón, que está ligado con el aumento del volumen de vacíos. La estabilidad de las mezclas asfálticas modificadas con polvo de caucho es inferior en todas las dosificaciones de dicho material. El polvo de caucho reciclado se incorporó fácilmente en la granulometría de la fórmula patrón obteniendo una mezcla homogénea y trabajable.

Palabras claves: Mezcla Asfáltica, Marshall, Estabilidad, Flujo, Caucho



Cita: Moscoso-Saquicela, J.-D., & Rivela Carballal, B. (2022). Estrategias de circularidad para la reducción de impactos: diseño de una mezcla asfáltica caliente con caucho reciclado en la provincia del Azuay. Green World Journal, 06(02), 076.

<https://doi.org/10.53313/gwj62076>

Received: 02/junio /2023

Accepted: 20/julio /2023

Published: 27/julio /2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.

Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial

editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

Circularity strategies for the reduction of impacts: design of an asphalt mix with recycled rubber in the province of Azuay.

Abstract: In Ecuador, more than 2,400,000 tires are discarded annually, many of them end up on roadsides, vacant lots or bodies of water, therefore pollution is generated; This amount is increasing every year. This type of tire rubber requires a long time to degrade naturally, so it remains for long periods of time in the environment due to its complex cross-linked composition, and the additives used during manufacturing. To carry out hot mix asphalt, the aggregates occupy at least three quarters of its volume and must comply with certain quality specifications. Currently, those that meet these characteristics in the province of Azuay are scarce and, therefore, their cost has increased; In addition, the vehicle park in the last three years in Cuenca has grown by 13% and each year it continues to increase, causing asphalt pavements to deteriorate in a short time. Due to the above, an experimental investigation has been carried out with the objective of carrying out the combination of aggregates that form a fundamental part in the realization of hot asphalt mix, with rubber powder in different dosages, which will be obtained from the recycling of tires that they have completed their useful life; Of these combinations, those have been identified in which the quality of the asphalt mix without additives is improved, reducing its production cost and increasing its useful life, so as to reduce environmental contamination and improve the performance of pavements in the Azuay province. With this investigation it was obtained that, when adding the rubber dust in the asphalt mixture, the specific weight "bulk" is slightly lower than that of the standard asphalt, which is linked to the increase in the volume of voids. The stability of asphalt mixtures modified with rubber dust is lower in all dosages of said material. The recycled rubber powder was easily incorporated into the granulometry of the standard formula, obtaining a homogeneous and workable mixture.

Keywords: Asphalt Mixing, Marshall, Stability, Flow, Rubber

1. Introducción

En Ecuador se desechan anualmente más de dos millones de neumáticos aproximadamente, muchos de ellos terminan en terrenos baldíos, orillas de carreteras, o cuerpos de agua [1] ocasionando una gran contaminación al medio ambiente; la cantidad de estos elementos desechados aumenta cada año, pero la degradación del material que los compone requiere de mucho más tiempo para su degradación de forma natural, por lo que su permanencia es indefinida en nuestro medio natural [2], debido a su compleja composición reticulada y a los aditivos utilizados durante su fabricación [3]. Para disminuir el almacenaje o la acumulación de neumáticos en lugares inaccesibles o en botaderos de basura, cierta parte de la población procede a incinerar los mismos, como tratamiento convencional, y, dichas actividades producen la liberación de humos tóxicos a la atmósfera [4].

Asimismo, las mezclas asfálticas en caliente, en el campo de la construcción civil, entregan su aporte dañino al medio ambiente, pues para su ejecución deben sujetarse a normas de calidad estándares; y los áridos, al ocupar al menos tres cuartas partes del volumen de su confección [5,6], deben cumplir con ciertas especificaciones técnicas óptimas de eficacia. Es decir, para obtener una mezcla asfáltica de calidad se requiere la extracción de áridos en excelente condición, lo que se obtendría con extracción minera de materiales pétreos y consecuentemente generaría contaminación en ríos y sus afluentes.

Otro parámetro de contaminación que se registra es el que origina el parque automotor, mismo que ha incrementado un 13% en los últimos tres años en la cabecera cantonal de Cuenca [7]. Asimismo, cada año crece este porcentaje, ocasionando que los pavimentos confeccionados con asfalto se deterioren gradualmente por varios factores como son la excesiva utilización, el peso de vehículos, ambiente exterior, altas temperaturas, entre otros, lo que origina que se produzca principalmente el agrietamiento térmico a bajas temperaturas como modos principales de falla [8].

Con estos antecedentes, como tema de investigación se estudia la combinación de áridos de calidad media, que forman parte principal en la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, mediante un proceso seco, con polvo de caucho en distintas dosificaciones, que se consigue del reciclado de neumáticos que han terminado con su vida útil; es así que de las combinaciones propuestas se obtiene el resultado de pruebas Marshall y se realiza el respectivo análisis.

Para conseguir el polvo de caucho se reciclan neumáticos usados o deteriorados, los que se someten a procesos de trituración primaria hasta obtener trozos uniformes de 5 cm y trituración secundaria que corresponde al rallado, con la finalidad de conseguir piezas menores a dos centímetros, denominadas polvo de caucho [9].

Como aglomerados se les define también a las mezclas asfálticas, que resultan de la combinación de un ligante hidrocarbonado con agregados pétreos, de modo que estos terminen cubiertos por una película continua. La fabricación se realiza en plantas fijas o móviles, después se transportan a la obra para extenderse y compactarse [10]. Para esta investigación se utilizan áridos de la provincia del Azuay, sector El Descanso del cantón Cuenca, que se obtienen mediante un proceso de trituración o pulverización. Se utilizan agregados de tamaños de 3/4, 3/8, polvo de trituración, arenas finas, y adicional, como ligante principal se utiliza cemento asfáltico AC-20.

Una vez obtenida la fórmula maestra para la mezcla asfáltica en caliente, se incorpora a ella polvo de caucho en distintas dosificaciones mediante proceso seco, con el fin de obtener la cantidad óptima, y, así mejorar los resultados de prueba Marshall; un dato importante es que la fuerza Marshall aumenta al incrementar el porcentaje de polvo de caucho y luego disminuye [11], información que nos ayuda a determinar cuál será la dosificación óptima o en su punto máximo al que se puede llegar.

Con estos resultados se lleva a cabo la comparación de resultados Marshall obtenidos de la mezcla sin polvo de caucho y con ella, para evidenciar las diferencias entre ambas y que tan conveniente es su utilización. Además, del aumento progresivo de la prueba se espera que la mezcla asfáltica sea económicamente eficiente, que este asfalto con polvo de caucho reduzca el ruido [12] y, ayude a mejorar su rendimiento a largo plazo [13].

2. Materiales y métodos

El análisis La investigación es de carácter experimental aplicada, que se efectúa en la ciudad de Cuenca, provincia de Azuay.

El método Marshall para esta finalidad es la determinación del contenido óptimo de asfalto (ligante) para una combinación específica de agregados. Este cálculo permite calificar la mezcla asfáltica, por cuanto se analizan los parámetros que deben cumplir especificaciones, que son:

- Peso específico de agregados: es la relación del peso de los agregados con respecto al peso del volumen igual de agua
- Rice: máxima densidad teórica determinada en el laboratorio (mezcla sin vacíos).
- Estabilidad: capacidad que tiene para resistir desplazamientos y deformaciones bajo cargas del tránsito.
- Flujo: representa la deformación de la briqueta por la carga.
- Vacíos en la mezcla: espacios pequeños o bolsas de aire, que están presentes entre los agregados revestidos en la mezcla final compactada.

- Vacíos en el agregado mineral (VAM): espacios de aire que existen entre las partículas del agregado en una mezcla compactada.
- Vacíos llenos de asfaltos (VFA): porcentaje de vacío intergranular entre las partículas del agregado, que es ocupado por asfalto.

Los parámetros anteriormente mencionados se deben cumplir durante la elaboración de la mezcla asfáltica [14]. Un punto inicial para el diseño es seleccionar el porcentaje de asfalto para el promedio de límites de vacíos de aire: 4%; los cálculos, propiedades y medidas con este porcentaje de asfalto se deben analizar de acuerdo a criterios para el diseño de la mezcla asfáltica (Tabla 1) que indica la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12 para vehículos de carga pesada utilizada en la presente investigación. Al cumplirse con estas propiedades, se obtiene el diseño de la mezcla asfáltica con porcentaje óptimo de asfalto.

Tabla 1. Criterio de Diseño de Mezclas Marshall.

TIPO DE TRAFICO	Muy Pesado		Pesado		Medio Liviano		Liviano	
CRITERIOS MARSHALL	Min	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
No. De Golpes/Cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	---	1800	---	1200	---	1000	2400
	-		-		-			
Flujo (pulgadas/100)	8	14	8	14	8	16	8	16
% de vacíos en Mezcla	3	5	3	5	3	5	3	5
% Vacíos agregados (VAM)	14		14		16		16	
% Vacíos rellenos de asfalto (VFA)	65	75	65	75	65	78	70	80

Al realizarse varios ensayos en seco con distintos porcentajes de polvo caucho, se determina que agregar un 5% de dicho material a la mezcla asfáltica es económicamente eficiente y justificable en la práctica [11]. El caucho se lo puede obtener de dos formas, una es de forma natural que es el jugo de un árbol tropical llamado árbol de caucho o su nombre científico *Havea Brasiliensis*, la segunda forma de obtener es mediante productos químicos, dando como resultado una sustancia fuerte que se estira. Por esta razón es que a los neumáticos de vehículos de transporte se los llama cauchos o llantas, debido a su composición principal [15]

El método aplicado en la presente investigación se desarrolla en cuatro etapas: obtención de agregados, elaboración de fórmula maestra para la mezcla asfáltica, dosificación de polvo de caucho en diferentes porcentajes y ejecución de ensayos de laboratorio.

2.1. Materiales

Como primera etapa se obtienen materiales a utilizar para la producción de la mezcla asfáltica en caliente, objeto de esta investigación, que son áridos triturados denominados de “3/4”, “3/8”, “polvo de trituración”, además de “arenas finas”. En la provincia de Azuay, existe gran variedad de este tipo de áridos, pero pocos son los que cumplen con las especificaciones que demandan los parámetros de calidad exigidos por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas en el Manual de Especificaciones para la Construcción de Caminos y Puentes (MOP-001-F 2020), Capítulo 400-Estructura del Pavimento, Sección 405-Capa de Rodadura de Hormigón Asfáltico en Caliente. En la presente investigación se utilizan los de la Cantera ubicada en el sector del Descanso del Cantón Cuenca, llamada VIPESA; cabe mencionar que estos áridos son utilizados por entidades públicas que poseen planta para la elaboración de asfaltos en caliente, se trata del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca y la Empresa Pública de Áridos y Asfaltos ASFALTAR EP, que pertenece al Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Azuay.

Otro material es el caucho, el utilizado para este estudio proviene de la empresa “SEGINUS”, primer sistema colectivo sin fines de lucro que articula la cadena de reciclaje de neumáticos usados, comprometidos para que el ciclo de las llantas no termine, transformándolas en energía, pisos, material para artesanos, entre otros.

La finalidad de utilizar el polvo de caucho, es mejorar las propiedades del cemento asfáltico y ésta debe cumplir ciertas especificaciones que se encuentran establecidas en la norma NTE INEN 2680:2013:

- El caucho reciclado debe contener menos del 0,75 % de humedad en peso y libre de flujo. La gravedad específica de este caucho debe ser de $1,15 \pm 0,05$.
- El caucho reciclado no debe contener partículas visibles de metales no ferrosos y no más de 0,01 % en peso de partículas de metales ferrosos.
- Se recomienda que todas las partículas de caucho tengan un tamaño capaz de pasar por el tamiz de 2,36 mm (No. 8).

Por último, se usa cemento asfáltico tipo AC-20, manejado como ligante de la mezcla asfáltica en caliente, utilizado por la Empresa Pública de Áridos y Asfaltos ASFALTAR EP, que cumple con parámetros de calidad exigidos por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas en el Manual de Especificaciones para la Construcción de Caminos y Puentes (MOP-001-F 2020), Capítulo 800-Materiales, Sección 810-Asfaltos y productos asfálticos, y, proviene de la Refinería Estatal de Esmeraldas (Petroproducción).

2.2. Métodos

Las pruebas y ensayos de laboratorio objeto de este estudio se efectuaron en “Titanium Road”, laboratorio experto en suelos, concretos y asfaltos, con una trayectoria de 10 años caracterizada por ofrecer resultados precisos y confiables; además, es utilizado por la Empresa Pública de Áridos y Asfaltos ASFALTAR EP, para el control de calidad de las mezclas asfálticas en caliente.

Como segunda etapa de este estudio se realizó la fórmula maestra de la mezcla asfáltica mediante el método Marshall, con áridos que se puede observar en la Figura 1 y cemento asfáltico antes mencionados. A continuación, se detallan los porcentajes óptimos de cemento asfáltico y agregados obtenidos (Tabla 2):

Tabla 2. Porcentajes de materiales de formula maestra de Mezcla Asfáltica.

Material	Porcentaje (%)
$\frac{3}{4}$	14,00
3/8	25,00
Polvo de trituración	35,00
Arena	25,00
Cemento asfáltico	6,00



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 1. Materiales utilizados: (a) $\frac{3}{4}$ triturado, (b) 3/8 triturado, (c) Polvo triturado y (d) arena.

Con esta cantidad de materiales, se procede a realizar las briquetas de mezcla asfáltica para ensayarlos en el laboratorio, y obtener sus características referentes a estabilidad, flujo, densidad, % de vacíos, VFA y VMA.

Como tercera etapa, se realizan las briquetas de mezcla asfáltica modificada con caucho, en las que a los agregados y cemento asfáltico se incorpora el polvo de caucho en porcentajes

de 2%, 3%, 4% y 5% como se observa en la Figura 2, en relación al peso de agregados. Para obtener estas briquetas, se mezclan los distintos agregados en las cantidades antes mencionadas, además se incorpora el polvo de caucho en variados porcentajes, posterior se lleva al horno durante 24 horas a una temperatura de 110 °C.



(a)



(b)

Figura 2. Materiales con polvo de caucho: (a) materiales con los 4 porcentajes de polvo de caucho; (b) introducción de materiales en el horno por 24 horas.

Transcurridas las 24 horas de las materias con el polvo de caucho en el horno, se realizan tres briquetas por cada porcentaje de polvo de caucho, para esto es necesario subir la temperatura de los materiales con el polvo de caucho hasta los 140 °C, el cemento asfáltico también se debe encontrar a esta temperatura para realizar la mezcla y obtener 12 briquetas, como se puede observar en la Figura 3:



(a)



(b)



(c)

Figura 3 Elaboración de briquetas: (a) Mezcla de áridos, polvo de caucho y cemento asfáltico hasta 140 °C, (b), producción de briquetas y (c) 12 briquetas listas.

Finalmente, en la cuarta etapa, y con las 12 briquetas fabricadas, transcurridas 24 horas en las que se secaron y enfriaron, se realizan ensayos de laboratorio para determinar: estabilidad, flujo, densidad, % de vacíos, VFA y VMA, de cada una de las mezclas asfálticas modificadas.

3. Resultados

En la siguiente tabla encontramos los resultados de los ensayos de laboratorio que se realizó a las briquetas de mezcla asfáltica combinada con distintos porcentajes de polvo de caucho:

Tabla 3: Resumen de resultados de la caracterización de briquetas modificadas con caucho.

PORCENTAJE DE CAUCHO	DENSIDAD		VACÍOS	VMA	VFA	ESTABILIDAD	FLUJO
	BULK	RICE					
0%	2.355	2.450	3,88	15,41	74,82	3952	12,6
2%	2.126	2.380	10,67	23,92	55,39	1642	15,9
3%	2.094	2.373	11,76	25,21	53	1251	17,2
4%	1.982	2.365	16,19	29,37	45	893	17,4
5%	1.880	2.343	19,76	33,18	40	998	17
Especificación MOP-001F-2002			3-5	> 14	65-75	> 1800	8-14

Además, es importante indicar que los diseños y cálculos se realizaron en base a la normativa para vehículos pesados.

3.1. Estabilidad y flujo

La capacidad para resistir desplazamientos y deformaciones producto de las cargas del tránsito se conoce como estabilidad de un asfalto, además, es capaz de mantener su forma y lisura producto de repetitivas cargas; si es inestable desarrolla ondulaciones, ahuellamiento y más señales que muestran cambio en la mezcla asfáltica.

Para acomodar de manera adecuada el tránsito esperado, pero si sobre pasar de lo exigido en las condiciones de tránsito las condiciones de estabilidad deben ser lo suficientemente altas. Es importante indicar que al tener valores muy altos de estabilidad se obtiene pavimentos demasiado rígidos y por lo tanto, una vida útil menor a la deseada.

La deformación de la briketa es medida en centésimas de pulgadas lo que se denomina Flujo, expresada por la disminución del diámetro vertical de la briketa.

Se conoce entonces que las mezclas que contienen valores bajos de fluencia y valores muy altos de estabilidad son consideradas demasiado frágiles y rígidas para un pavimento en una vía; en el presente estudio no se presenta esta condición. Aquellas que cuentan con valores altos de fluencia son consideradas demasiado plásticas con tendencia a deformarse fácilmente bajo cargas de tránsito. En la tabla 3 se observa que la mezcla asfáltica combinada con caucho en todos sus porcentajes tiene valores superiores al valor de 14 que indica la norma, lo que indica que en ningún caso cumpliría.

Otro parámetro que se analizó es el porcentaje de vacíos en comparación con la mezcla patrón. Ésta se encuentra fuera del rango de la normativa, por lo tanto, este porcentaje de vacíos tiende a descender mientras el porcentaje de caucho aumenta.

El porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VAM), en las mezclas modificadas con cada porcentaje de caucho este valor es distinto, mismo que aumenta con el incremento gradual del porcentaje de caucho.

El porcentaje de vacíos llenos de asfalto (VFA) en las mezclas modificadas aumenta al elevar el porcentaje de caucho.

Los valores de estabilidad en las muestras de mezclas modificadas tienden a disminuir con cada aumento de porcentaje de caucho.

Los valores de flujo en las muestras de mezclas modificadas inician con valores bajos e incrementan con cada aumento de porcentaje de caucho.

4. Discusión

De los resultados anteriores se concluye que, con relación a los valores de la mezcla asfáltica patrón, la mezcla asfáltica modificada tienen valores menores de gravedad específica (método RICE) y densidad bulk, además, la estabilidad y el flujo presenta valores superiores.

Del “Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico”, concluye que, al incorporar el polvo de caucho a la mezcla asfáltica, se obtiene que la estabilidad Marshall disminuye, cuando el flujo, el contenido de vacíos y el ligante aumenta, además, que existe una mínima disminución del peso específico bulk de la mezcla modificada con caucho comparada con la del asfalto [16]. Resultados que están asociados a la obtención de mayor porcentaje de volumen de vacíos y mayor permeabilidad en la mezcla modificada, además, en las mezclas que se incorporó el 1% presenta valores superiores de estabilidad con respecto a las mezclas incorporada el 2% y 3%, con lo que se puede evidenciar que la estabilidad disminuye cuando se aumenta la cantidad de caucho.

Asimismo, el trabajo de investigación de “Obtención de Asfalto Modificado con polvo de caucho proveniente del reciclaje de neumáticos de automotores”, determinó que la gravedad específica y la densidad de mezclas asfálticas obtenidas tanto mediante el proceso seco como el húmedo son ligeramente inferiores a las del asfalto sin modificar. Esto está asociado con mayores volúmenes vacíos en el asfalto modificado y mayor permeabilidad en las mezclas modificadas [2,16].

5. Conclusión

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten constatar que, al incorporar el polvo de caucho de llantas recicladas para la producción de mezcla asfáltica en caliente, se reduce significativamente la contaminación ambiental que ésta produce por el largo tiempo que dura su degradación en el medio ambiente o por los distintos métodos de eliminación.

Una desventaja de la implementación del polvo de caucho, es el costo de producción que ésta tiene asociada, ya que aumenta debido a la incorporación del mismo. Al añadir el polvo de caucho en la mezcla asfáltica, el peso específico bulk, es levemente inferior al del asfalto patrón, que está ligado con el aumento del volumen de vacíos. La estabilidad de las mezclas asfálticas modificadas con polvo de caucho, evidentemente son inferiores en todas las dosificaciones de caucho. El polvo de caucho reciclado se incorporó fácilmente en la granulometría de la formula patrón, obteniendo una mezcla homogénea y trabajable.

Contribución de autores: conceptualización M.J y R.V; redacción–revisión y edición, M.J

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. La verdad Más de 2 millones de neumáticos se desechan cada año. Available online: <https://laverdadnoticias.com/ecologia/Mas-de-2-millones-de-neumaticos-se-desechan-cada-ano.-20180605-0041.html>.
2. Fazli, A.; Rodrigue, D. Recycling waste tires into ground tire rubber (GTR)/rubber compounds: A review. *J. Compos. Sci.* **2020**, *4*, 103.
3. Medina, N.F.; Garcia, R.; Hajirasouliha, I.; Pilakoutas, K.; Guadagnini, M.; Raffoul, S. Composites with recycled rubber aggregates: Properties and opportunities in construction. *Constr. Build. Mater.* **2018**, *188*, 884–897.
4. Rahman, M.T.; Mohajerani, A.; Giustozzi, F. Recycling of waste materials for asphalt concrete and bitumen: A review. *Materials (Basel)*. **2020**, *13*, 1495.
5. Gonzalez-Raymat, H.; Liu, G.; Liriano, C.; Li, Y.; Yin, Y.; Shi, J.; Jiang, G.; Cai, Y. Elemental mercury: Its unique properties affect its behavior and fate in the environment. *Environ. Pollut.* **2017**, *229*, 69–86.
6. Li, J.; Zhang, J.; Qian, G.; Zheng, J.; Zhang, Y. Three-dimensional simulation of aggregate and asphalt mixture using parameterized shape and size gradation. *J. Mater. Civ. Eng.* **2019**, *31*, 4019004.
7. La hora Parque automotor creció 13% en los últimos tres años Available online: <https://www.lahora.com.ec/pais/crecimiento-parque-automotor-desde-2018/>.
8. Zhang, J.; Yao, Z.; Yu, T.; Liu, S.; Jiang, H. Experimental evaluation of crumb rubber and polyethylene integrated modified asphalt mixture upon related properties. *Road Mater. Pavement Des.* **2019**, *20*, 1413–1428.
9. La hora En funcionamiento planta trituradora de llantas. **2022**.
10. Ortegon Sabogal, D.F.; Villabón Abello, A.F. Evaluar el comportamiento de una mezcla asfáltica en frío modificada mediante fibras kevlar 2018.
11. Zarei, M.; Rahmani, Z.; Zahedi, M.; Nasrollahi, M. Technical, economic, and environmental investigation of the effects of rubber powder additive on asphalt mixtures.

- J. Transp. Eng. Part B Pavements* **2020**, 146, 4019039.
12. Yu, H.; Leng, Z.; Dong, Z.; Tan, Z.; Guo, F.; Yan, J. Workability and mechanical property characterization of asphalt rubber mixtures modified with various warm mix asphalt additives. *Constr. Build. Mater.* **2018**, 175, 392–401.
 13. Wang, H.; Liu, X.; van de Ven, M.; Lu, G.; Erkens, S.; Skarpas, A. Fatigue performance of long-term aged crumb rubber modified bitumen containing warm-mix additives. *Constr. Build. Mater.* **2020**, 239, 117824.
 14. ASTM, D. 1188. Standard Test Method for Bulk Specific Gravity and Density of Compacted Bituminous Mixtures Using Coated Samples. In Proceedings of the American Society of Testing Materials; 2007.
 15. Tenesaca Villacrés, J.L.; Flores Oñate, G.N. Fabricación de un prototipo de bloque a partir de arena de caucho, plástico PET y vidrio reciclados para el sector de la construcción 2023.
 16. Santos Carlos, S.R.; Lobato Campos, J.C. Evaluación del asfalto modificado a base de caucho reciclado de neumáticos en comparación del asfalto convencional. **2020**.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Determinación de una relación entre el módulo de rotura y la resistencia a la flexión del hormigón hidráulico

Jorge Efraín Crespo Crespo ¹  Fausto David Quevedo Pesántez ¹ 

¹ Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador

✉ Correspondencia: fausto.quevedo@ucacue.edu.ec ☎ + 593 984 200 750

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj620069>

Resumen: La investigación analiza la correlación entre en la resistencia a flexión y la compresiva del hormigón hidráulico. Sabiendo que se construye con una infinidad de materiales, se ha segmentado el universo tomando en cuenta que las propiedades mecánicas del hormigón deben determinarse en aquellos cuyos materiales constitutivos tienen un mínimo control de calidad, evitando la introducción de un sinnúmero de variables provenientes de múltiples combinaciones de áridos y cementos. La investigación se desarrolló realizando ensayos mecánicos de rotura en cilindros y vigas elaboradas con la misma mezcla y a la misma edad de tal forma que se obtengan datos de resistencia flexionante y compresiva para cada mezcla de prueba. Los ensayos se desarrollaron bajo los procedimientos establecidos en las normas ASTM C78 y ASTM C39. Cada mezcla de prueba fue elaborada con una distinta relación agua cemento, variando en 0.05 desde 0.35 hasta 0.60, tomando 6 muestras para cada tipo de ensayo (vigas y cilindros). La preparación y curado de las probetas se realizaron bajo estricto cumplimiento de la norma ASTM C192, dejando en curado hasta la fecha de la rotura. Los resultados de los ensayos se procesaron estadísticamente obteniéndose una nube de puntos con una tendencia marcada, el ajuste por mínimos cuadrados permitió obtener ecuaciones similares a las obtenidas por el ACI, aunque con ciertas diferencias que para efectos de diseño pueden considerarse significativas. Las ecuaciones permiten obtener valores más confiables según las características propias de los materiales locales.

Palabras claves: Hormigón, correlación, flexión, compresión.

Determining a relationship between the modulus of rupture (mr) and the flexural strength (f'c) of hydraulic concrete.

Abstract: The research analyzes the correlation between flexural strength and compressive strength of hydraulic concrete. Considering that construction involves a myriad of materials, the universe has been segmented, taking into account that the mechanical properties of concrete should be determined in those with constituent materials that have a minimum quality control, avoiding the introduction of countless variables arising from multiple combinations of aggregates and cements. The research was conducted by performing



Cita: Crespo Crespo, J. E., & Quevedo Pesántez, F. D. (2022). Determinación de una relación entre el módulo de rotura y la resistencia a la flexión del hormigón hidráulico. Green World Journal, 06(02), 079. <https://doi.org/10.53313/gwj62079>

Received: 06/junio /2023
Accepted: 25/julio /2023
Published: 27/julio /2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.
Creative Commons Attribution (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

mechanical rupture tests on cylinders and beams made with the same mixture and at the same age, in order to obtain flexural and compressive strength data for each test mixture. The tests were carried out following the procedures established in ASTM standards C78 and C39. Each test mixture was prepared with a different water–cement ratio, ranging from 0.35 to 0.60 in increments of 0.05, with 6 samples taken for each type of test (beams and cylinders). The preparation and curing of the specimens were carried out in strict compliance with ASTM standard C192, allowing them to cure until the date of rupture. The test results were statistically processed, resulting in a scatter plot with a clear trend. The least squares fit allowed obtaining equations similar to those obtained by the ACI, although with certain differences that can be considered significant for design purposes. These equations enable obtaining more reliable values according to the specific characteristics of the local materials.

Keywords: Concrete, correlation, bending, compression

1. Introducción

El hormigón es uno de los materiales de mayor uso en la construcción en la actualidad. La construcción de carreteras ha sido uno de los proyectos que mayor impulso ha tenido en los últimos años. El uso del hormigón hidráulico como alternativa para la elaboración de pavimentos de calles y carreteras ha generado muchas expectativas, especialmente por la durabilidad en relación a su símil de asfalto. Sin embargo, muchos proyectos viales construidos con hormigón han sufrido deterioro prematuro, llegando incluso en algunos tramos a su fracaso estructural [1].

El diseño de los pavimentos rígidos usa como parámetro principal el módulo de ruptura del hormigón (MR); sin embargo, el diseño de las mezclas está basado en resistencias compresivas ($f'c$). Adicionalmente, el control de calidad durante el proceso de producción y construcción suele ser más práctico realizarlo en función de $f'c$. Establecer una correlación entre estos dos parámetros es necesario puesto que uno solo no define completamente las actividades de diseño y construcción simultáneamente [2].

Instituciones como el ACI o la AASHTO han propuesto ecuaciones que relacionan el módulo de ruptura y la resistencia a la compresión y estas han sido ampliamente difundidas en todo el mundo. No obstante, las mismas sugieren la realización de investigaciones en cada lugar, puesto que, variaciones de los áridos y cementos, pueden provocar cambios sustanciales en los valores; y, consecuentemente en el diseño [3].

Un pavimento de concreto o pavimento rígido consiste básicamente en losas de concreto, apoyadas directamente sobre una capa base o sub-base. La losa de concreto, debe tener una alta resistencia a la flexión y al desgaste, funcionando como una súper carpeta y base, simultáneamente. Por su alta rigidez y alto módulo elástico, tiene un comportamiento de elemento estructural de viga. Absorbe casi toda la totalidad de la carga de tráfico [1].

Para [2], el conocimiento de la correlación entre el MR y $f'c$ es de vital importancia, a pesar que a mucha gente le parece intrascendente. “Es de importancia, en especial para los diseñadores de pavimento y los concreteros, pues si el factor k de correlación cambia, con poco que lo haga, cambia enormemente el comportamiento del pavimento y el número máximo de repeticiones de carga admisibles”.

Según la Guía para el diseño y Construcción de lotes de estacionamiento de hormigón American Concrete Institute [3], el diseño de pavimento usa la teoría basada en la resistencia a la flexión (módulo de rotura). La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto. Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada.

Las cargas aplicadas a los pavimentos de concreto producen esfuerzos tanto de flexión como de compresión en la losa; sin embargo, los esfuerzos de flexión son más críticos puesto que las cargas pesadas inducirán esfuerzos de flexión que se aproximarán a la resistencia a flexión, mientras que los esfuerzos de compresión permanecerán pequeños en relación con la resistencia a compresión. En consecuencia, la resistencia a la flexión o el M.R. del concreto es usada en el diseño de pavimentos para determinar el espesor; a pesar de ello, es más práctico el uso de pruebas de resistencia a compresión para el control de calidad en la obra puesto en los ensayos de flexión son altamente vulnerables a agentes externos. En proyectos grandes, una correlación entre la resistencia a flexión y la resistencia a compresión debe ser desarrollada mediante pruebas de laboratorio sobre la mezcla específica de concreto a ser empleada [4].

Los ensayos de flexión son muy sensibles al manipuleo y procesos de curado. Las vigas suelen ser muy pesadas y con frecuencia se alteran al transportarse desde el campo hacia el laboratorio. Permitir el secado de una viga dará como resultado resistencias bajas y el curado debe ser cuidadosamente manejado para evitar la pérdida de agua. El cumplimiento de estos requerimientos en el lugar de trabajo es muy difícil trayendo como resultado valores de MR no confiables y generalmente bajos.

Algunas agencias estatales de vías han utilizado la resistencia a la flexión, pero ahora están cambiando a la resistencia a la compresión para el control de calidad. La resistencia a compresión ha sido el método preferido de aceptación del concreto y la PCA considera a este ensayo como el más conveniente y confiable para evaluación de la resistencia del concreto en obra. La flexión puede ser usada con propósitos de diseño [5].

Muchas investigaciones se han realizado en todo el mundo para obtener valores de correlación entre MR y f'_c y todos muestran un comportamiento similar pero los valores difieren a cada localidad. Esto debido a la heterogeneidad de la materia prima empleado en cada caso y provoca grandes divergencias en sus resultados [6].

Como objetivo, la presente investigación busca analizar la existencia, de la correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión del concreto, usando agregados de río y cemento tipo HE, materiales que son usados por la mayoría de empresas de producción de hormigón premezclado y constructores, con estos resultados obtener ecuaciones que expresen la posible relación que podamos tener entre estas dos diferentes características del concreto.

2. Materiales y métodos

La metodología a aplicarse se basa en la realización de mezclas de concreto con diferentes relaciones agua cemento, teniendo en cuenta la granulometría de los áridos, características del cemento, para luego realizar las roturas de los cilindros y vigas de hormigón a través de una prensa hidráulica y obtener los diferentes resultados.

El momento en que se realicen las mezclas de prueba, se deberán realizar ensayos de flexión y compresión para poder establecer la correlación entre ellos. A medida que aumenta la resistencia a la compresión del concreto, también aumenta su resistencia a la flexión. La correlación entre estos no es lineal sino más bien parabólico. Al incrementarse la resistencia a compresión la resistencia a flexión aumenta también, pero en menor proporción.

La selección de la materia prima para la elaboración del estudio se realizó de acuerdo a las minas más utilizadas en la zona de estudio para la producción de hormigón prefabricado, estableciendo las presentadas a continuación:

Tabla 1. Identificación de marca y procedencia de materiales escogidos para la investigación.

Material	Marca/procedencia
Árido grueso 1	Mina Mariano Heredia, río Rircay
Árido grueso 2	Mina VIPESA, río Paute
Árido fino	Mina Mariano Heredia, río Rircay
Cemento	Cemento Portland Guapán, tipo HE

Se realizaron ensayos de laboratorio para determinar las características físicas y mecánicas de los áridos seleccionados, verificando que cumplan las especificaciones establecidas en las normas [7] o su equivalente [8]. Los áridos gruesos escogidos en ambos casos tienen un tamaño máximo nominal de 19 mm y son obtenidos mediante procesos de trituración mecánica. En el caso del cemento, las características se obtuvieron directamente de los informes de laboratorio elaborados por el departamento de control de calidad de Guapán para los cementos HE que se entregan a granel a los productores de hormigón.

2.1 Diseño y confección de las mezclas de prueba.

Luego de la caracterización de los materiales, se realizaron mezclas con diferentes relaciones agua cemento (A/C) empezando en 0.35 y variando 0.05 hasta llegar a 0.60. El proporcionamiento de los materiales se realizó mediante el método descrito por el comité ACI 211.1, considerando una consistencia media correspondiente a un asentamiento en cono de Abrams de 7.5 ± 2 cm. De cada mezcla se confeccionaron 6 vigas y 6 cilindros para ser ensayados a la flexión y compresión respectivamente, siguiendo la siguiente programación de pruebas: dos a los 7 días, dos a los 14 días y dos a los 28. Las muestras fueron debidamente identificadas y sometidas a estrictas condiciones de curado hasta su fecha de rotura; que, al cumplirse, fueron sometidas a la rotura de manera simultánea, obteniéndose pares de datos de resistencia (MR y $f'c$) correspondientes a una misma mezcla de prueba.

2.2 Ensayos de laboratorio.

Los ensayos se realizaron bajo procedimientos establecidos en las normas [9] o su equivalente [9], [10] o su equivalente [11]. Los resultados de los ensayos de resistencia se tabularon como pares ordenados en un sistema de coordenadas rectangulares en donde el eje vertical corresponde a la resistencia a la flexión y el horizontal para la compresión. El análisis se ha dividido agrupando los datos para cada tipo de árido grueso, obteniéndose conjuntos de puntos que marcan un patrón o tendencia específica. Mediante un análisis de mínimos cuadrados se obtiene una función que representa una línea de tendencia en el conjunto de puntos, así como los coeficientes de correlación para establecer el grado de ajuste a la línea de tendencia.

El módulo de rotura puede variar entre un 10 y 20% de $f'c$ aproximadamente; sin embargo, el comportamiento de la curva de tendencia no es lineal y se asemeja a una parábola. El Comité Europeo recomienda usar la expresión $MR = k(f'c)^{0.5}$ donde k varía entre 2.0 y 2.7 en unidades métricas y entre 7 y 12 para las unidades inglesas (PSI). Mínimas variaciones de este valor traen

consigo considerables variaciones del número de repeticiones de carga admisibles y consecuentemente influye en el espesor de la losa. En la práctica se recomienda para establecer con cierta precisión la correlación entre MR y f'_c , es realizar ensayos de laboratorio de cilindros y vigas [12].

La razón por la cual se escogió un cemento HE, en lugar de un tipo GU o tipo IP que se expende en fundas en cualquier centro ferretero, es debido a que la investigación pretende emular de la mejor manera el hormigón que es empleado en la construcción de calles y carreteras, toda vez que el mezclado manual o en mezcladoras al pie de obra prácticamente se ha extinguido. En la Tabla 2 se resumen algunas características del cemento.

Tabla 2. Características del cemento Tipo HE usado.

Material:	Cemento Portland Puzolánico Tipo HE									
Requisitos Obligatorios según norma NTE INEN 2380 - 2011 o su equivalente ASTM C1157 - 2021										
Requisitos Químicos					Requisitos Físico					
Propiedad	Método	Unidad		Resultado	Propiedad	Método	Unidad	INEN 2380	Resultado	
SiO2		%	N/A	28.61	Finura (blaine)	INEN 196	cm2/g	N/A	4957	
Al2O3		%	N/A	6.12	Retenido en 45um (N°. 325)	INEN 957	%	N/A	1.36	
Fe2O3		%	N/A	2.99	Expansión en Autoclave	INEN 200	%	0.8 máx		
CaO		%	N/A	53.32	Contracción en Autoclave	INEN 200	%	0.2 máx		
MgO	INEN 160	%	6.0 máx	1.34	Fraguado Inicial	INEN 158	minutos	45 - 420	167.73	
SO3	INEN 160	%	4.0 máx	2.46	Contenido de aire en mortero	INEN 195	%	12 máx		
Pérdida por calcinación	INEN 160	%	5.0 máx	1.59	Contenido neto en la funda	INEN 1902	kg	49.5 - 50.5		
Residuo Insoluble		%	N/A							
Requisitos Opcionales					Resistencia a la Compresión					
Propiedad	Método	Unidad		Resultado	Propiedad	Método	Unidad	INEN 2380	Resultado	
Expansión barra de mortero (14 días)	INEN 867	%	0.2	N/D	1 día	INEN 488	Mpa	12.0 mín	17.21	
Expansión barra de mortero (8 semanas)	INEN 867	%	0.06	N/D	3 días	INEN 488	Mpa	24.0 mín	25.64	
Resistencia a sulfatos. Expansión a 180 días	INEN 2503	%	0.10 máx	N/D	7 días	INEN 488	Mpa	N/A	32.27	
					28 días	INEN 488	Mpa	N/A	40.85	
					PUZOLANA: Requisitos físicos					
					Retenido en 45um (N°. 325)	INEN 957	%	20 máx	17.9	
					Índice de actividad puzolánica	INEN 490	%	75 mín	82.8	
El cemento puzolánico Tipo HE, CUMPLE con las especificaciones de la NTE INEN 2380 o su equivalente ASTM C1157 para cemento hidráulico compuesto.										

El árido fino seleccionado proviene de la zona del río Rircay, del cantón Santa Isabel. La arena del río Paute, tradicionalmente empleada durante mucho tiempo en las construcciones locales, cuyos requisitos granulométricos se muestran en la Tabla 3:

Tabla 3. Granulometría del árido fino.

TAMIZ #		PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMUL.	% PASA	NORMA INEN 872 - ASTM C33		CUMPLE NORMA
ISO	ASTM							
1/2"	12.5 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	Cumple
3/8"	9.5 mm	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	Cumple
4	4.8 mm	12.40	0.89	0.89	99.11	95	100	Cumple
8	2.4 mm	115.40	8.30	9.19	90.81	80	100	Cumple
16	1.2 mm	223.20	16.04	25.23	74.77	50	85	Cumple
30	(590 µ)	278.80	20.04	45.27	54.73	25	60	Cumple
50	(297 µ)	345.50	24.84	70.11	29.89	10	30	Cumple
100	(149 µ)	284.50	20.45	90.56	9.44	2	10	Cumple
Fondo	Fondo	131.30	9.44	100.00	0.00			
TOTAL:		1391.10						
Peso de la muestra		1391.10						
% de pérdidas		0.03						
Módulo de Finura		2.41	CUMPLE					

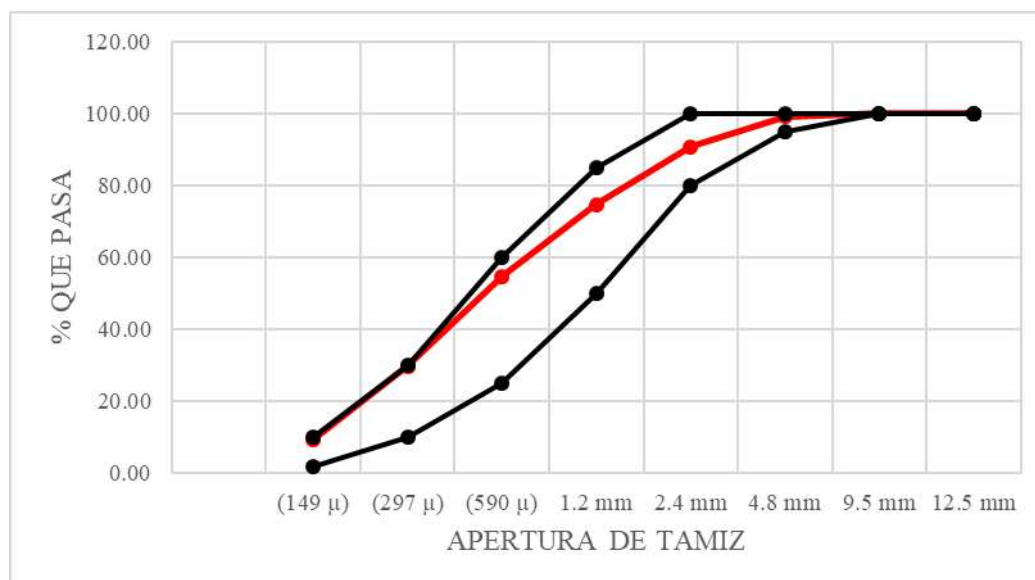


Figura 1. Curva Granulométrica del árido fino.

En cuanto al árido grueso, se obtuvieron materiales provenientes tanto del río Rircay, cuanto del río Paute. Las diferencias que se pudieron advertir entre los dos no fue notablemente marcada, excepto por la forma del árido que depende fundamentalmente de los procesos de trituración. Así, en el caso del árido de Paute su coeficiente volumétrico, obtenido mediante proceso establecido en la norma francesa AFNOR P 18301, es de 0.31, mientras que el correspondiente al de Rircay es de 0.22. La granulometría de ambos tipos de áridos cumple con condiciones granulométricas y de abrasión, de acuerdo a las especificaciones [13,14]

En cuanto a la densidad, el árido de Paute es ligeramente más denso que el del Río Rircay, aunque con diferencias menores al 3%. Las densidades se determinaron mediante el procedimiento descrito en la norma [15,16] y sus valores se muestran en la Tabla 4:

Tabla 4. Densidad relativa aparente áridos gruesos.

Mina	Procedencia	Densidad Relativa Aparente
Mariano Heredia	Rircay	2.69
Vipesa	Paute	

Con los materiales debidamente caracterizados, se realizó el diseño de las mezclas, basándose en el método de volúmenes absolutos del ACI 211.1, para cada una de las mezclas y áridos. Se calcularon las proporciones de los materiales sin contar con ningún tipo de aditivo y con una plasticidad media de 7.5 ± 2 cm, ideal para logra una buena compactación sin llegar a mezclas exageradamente fluidas.

Tabla 5. Proporciones de las mezclas para las pruebas.

N°	Árido fino	Árido grueso	Asentamiento mm	Cemento A/C kg/m ³ de H°	Árido Grueso kg/m ³ de H°	Árido fino kg/m ³ de H°	Agua kg/m ³ de H°
1	Rircay	Paute	75±2	0.35	571.43	922.01	200
2	Rircay	Paute	75±2	0.40	500.00	922.01	200

3	Rircay	Paute	75±2	0.45	444.44	922.01	674.39	200
4	Rircay	Paute	75±2	0.50	400.00	922.01	712.71	200
5	Rircay	Paute	75±2	0.55	363.64	922.01	744.07	200
6	Rircay	Paute	75±2	0.60	333.33	922.01	770.21	200
7	Rircay	Rircay	75±2	0.35	571.43	922.01	584.32	200
8	Rircay	Rircay	75±2	0.40	500.00	922.01	645.49	200
9	Rircay	Rircay	75±2	0.45	444.44	922.01	689.52	200
10	Rircay	Rircay	75±2	0.50	400.00	922.01	705.46	200
11	Rircay	Rircay	75±2	0.55	372.73	922.01	756.68	205
12	Rircay	Rircay	75±2	0.60	333.33	922.01	781.56	200

Con las mezclas realizadas según el diseño correspondiente, ajustadas según las condiciones de humedad de los áridos, se elaboraron 6 cilindros y 6 vigas para cada revoltura, de acuerdo a lo descrito en la norma [17]. En el caso de las muestras cilíndricas, se emplearon moldes de 15 x 30 cm, llenados en 3 capas de igual altura y compactados manualmente con varilla de 5/8". Para las vigas, se usaron moldes de 15 x 15 x 60 cm, llenados en dos capas y compactados manualmente con varilla, aplicando 65 golpes por cada capa.

Las muestras, una vez elaboradas, fueron dejadas sobre una superficie horizontal, a la sombra, bajo cubierta y recubiertas con láminas de polietileno para evitar la pérdida superficial de humedad y durante el tiempo mínimo hasta poder ser desmoldadas y dejar en curado hasta la fecha de su rotura.

Una vez que las muestras alcanzaron la resistencia suficiente para ser desmoldadas, fueron depositadas en piletas con agua para garantizar su curado hasta la fecha de rotura.

Se tomaron temperaturas del agua a diferentes horas, advirtiéndose que esta varía según la hora del día y las condiciones meteorológicas, estableciéndose un rango entre 15 y 20°C. Para evitar distorsiones en la velocidad del desarrollo de las resistencias por bajas temperaturas, se usaron calentadores de agua eléctricos para garantizar la temperatura del agua del estanque dentro del rango que sugiere la norma; es decir, entre 21 y 25°C, según lo descrito en la norma [17].



Figura 2. Control de temperatura del agua de curado.

Una vez que las muestras alcanzaron la edad programada para el ensayo de rotura, fueron sacadas de la pileta, secadas superficialmente, pesadas y medidas. En el caso de las muestras

cilíndricas se realizó el refrentado con mortero de azufre, conforme a lo descrito en la norma [18,19].

En el caso de las muestras prismáticas, el ensayo de flexión no requiere de refrentado, aunque es necesario que las vigas se coloquen giradas 90° en relación a la posición en la que fueron elaboradas.



Figura 3. Refrentado de muestras.

La resistencia de las muestras se determinó mediante los ensayos descritos en las normas [9] y [10,11], para la determinación de su capacidad a compresión y flexión respectivamente. La prensa empleada para estos ensayos está provista de un sistema hidráulico accionado por un mecanismo electrónico, programado para cada tipo de ensayo y que permite que la velocidad de transmisión de carga se lo realice de acuerdo a la norma correspondiente.

En el caso del ensayo de flexión, se ha tomado muy en cuenta la recomendación de tener cuidado con las muestras en cuanto a la pérdida de humedad que podría provocar microagrietamiento en las probetas, volviéndose muy susceptibles al ensayo y alterar los resultados.



Figura 4. Rotura de muestras.

3. Resultados

Los datos obtenidos de las resistencias se ordenaron como pares ordenados de la forma (f'_c , MR), obteniéndose una nube de puntos con una cierta tendencia. Basándose en el método de

mínimos cuadrados se realizaron ajustes a distintos tipos de curvas y comparando el valor de correlación en cada caso, consiguiéndose el mejor ajuste en una curva de tipo exponencial.

En las siguientes gráficas se visualizan las tendencias de los datos correspondientes a los ensayos de rotura para los hormigones fabricados con áridos gruesos de Rircay y Paute respectivamente. Puede apreciarse en ambas gráficas que a medida que la resistencia a la compresión se incrementa, el módulo de rotura también, pero a una tasa menor.

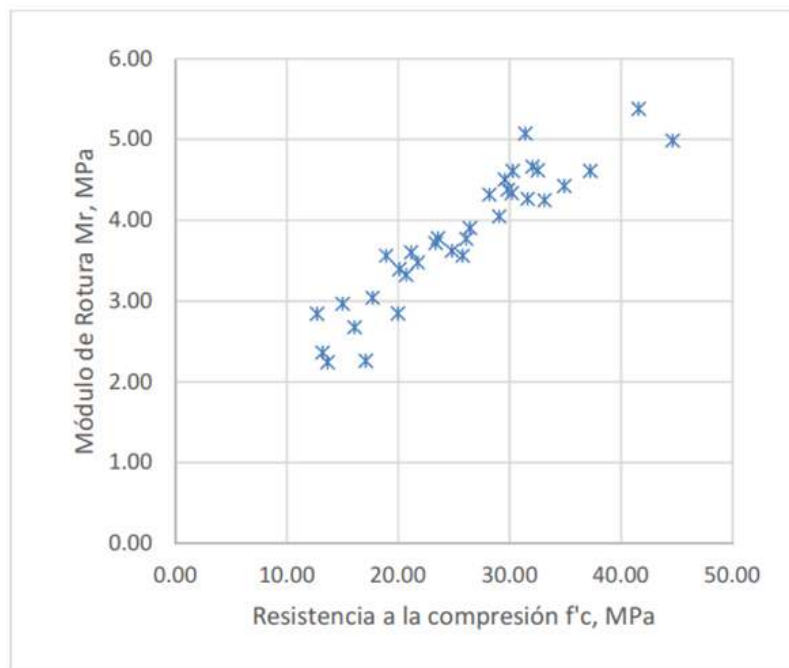


Figura 5. Gráfico de los ensayos de compresión y flexión de los hormigones fabricados con el árido grueso de Rircay.

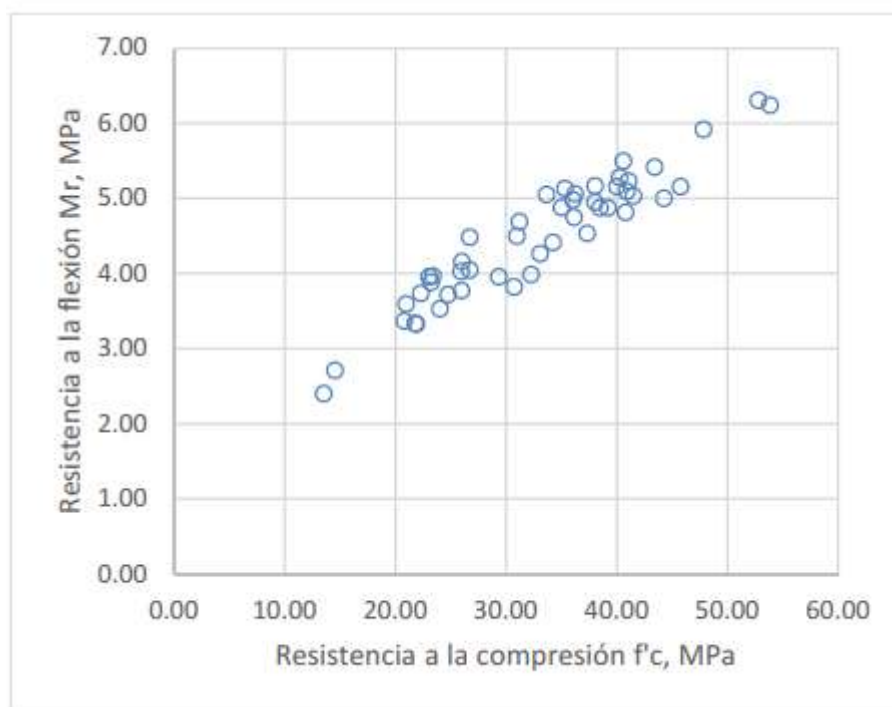


Figura 6. Gráfico de los ensayos de compresión y flexión de los hormigones fabricados con el árido grueso de Paute.

Al aplicar el criterio de ajuste lineal o no-lineal a curvas de tendencia, se obtuvieron las curvas que se muestran a continuación:

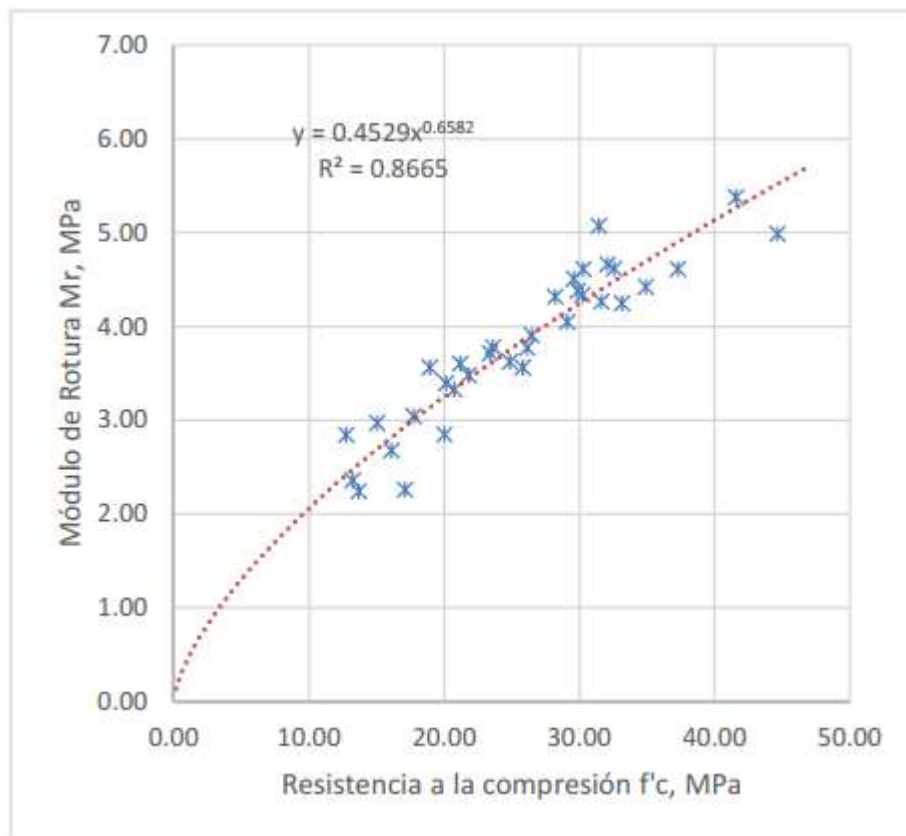


Figura 7. Función de ajuste para las mezclas con árido de Rircay.

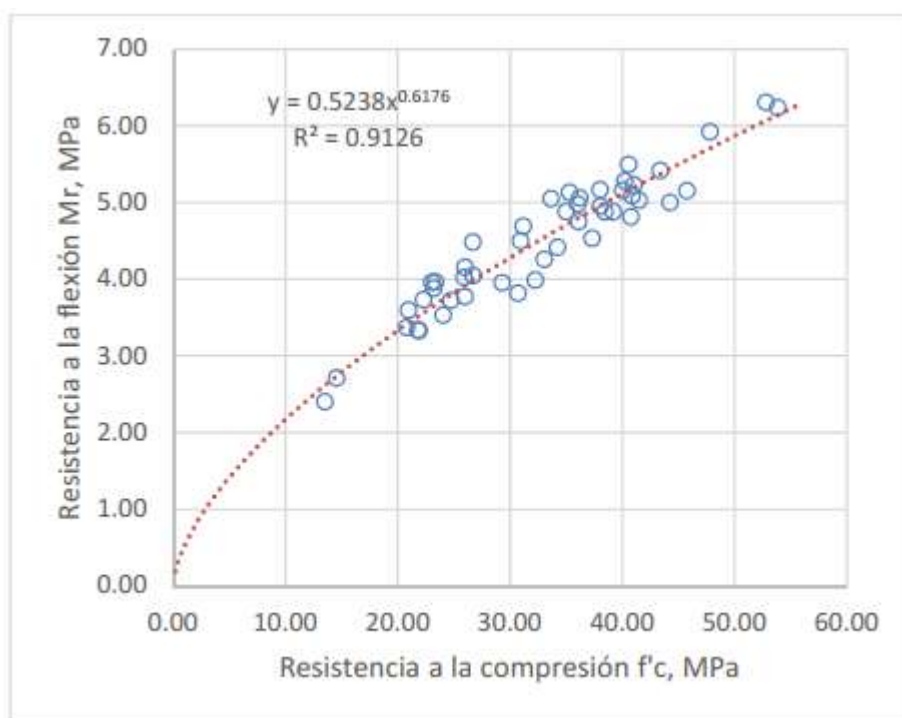


Figura 8. Función de ajuste para las mezclas con árido de Paute.

Al comparar las ecuaciones, se puede apreciar que ambas se ajustan a una curva de tipo exponencial de gran similitud entre sí. Por esta razón, se realizó una conjunción de datos con los

dos tipos de áridos, obteniéndose como resultado una curva con un muy buen coeficiente de correlación.

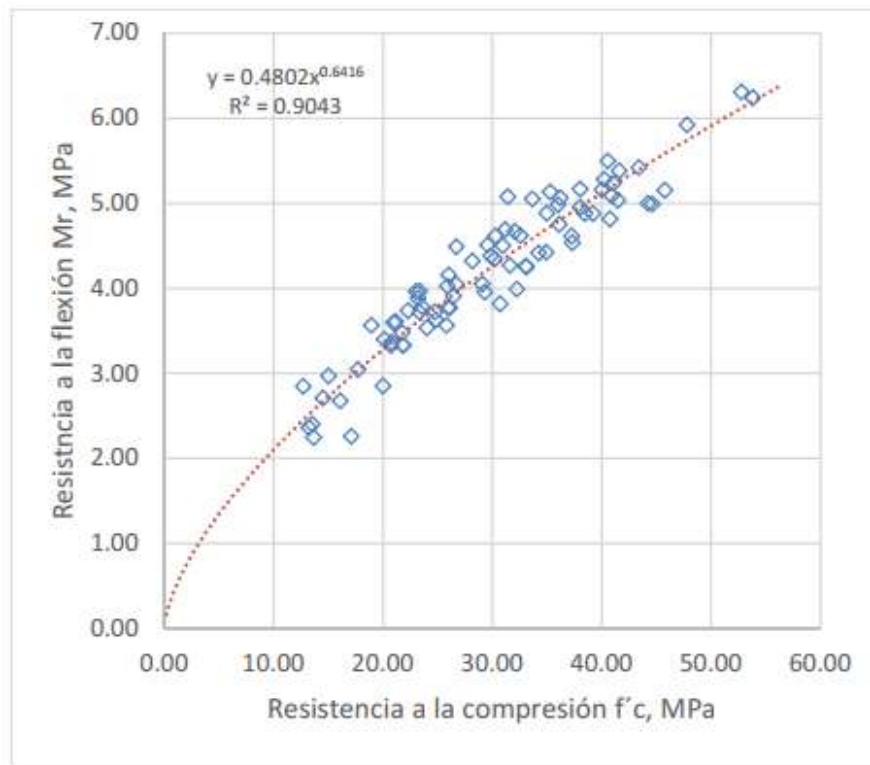


Figura 9. Función de ajuste para ambos casos.

Las ecuaciones de mejor ajuste para los diferentes casos son:

Tabla 6. Cuadro resumen de las ecuaciones de correlación.

Descripción	Ecuación	R2
Árido fino y árido grueso obtenidos de las minas de Santa Isabel. Mr y f'c en Mpa.	$M_r = 0.4529f'_c^{0.6582}$	0.867
Árido fino de VIPESA y árido fino de Santa Isabel. Mr y f'c en Mpa.	$M_r = 0.5238f'_c^{0.6176}$	0.913
Ecuación con los resultados combinados de ambas fuentes de materiales. Mr y f'c en Mpa.	$M_r = 0.4502f'_c^{0.6416}$	0.904

4. Discusión

Teniendo en consideración que el diseño del hormigón va a depender mucho del elemento que se quiera fundir, se debe tener en cuenta las condiciones a las que vamos a probar el concreto, es decir, que al no existir una semejanza en la tasa de crecimiento de la resistencia a flexión como la de compresión, no podemos hacer una relación entre sí, se debe realizar las pruebas correspondientes para el diseño de hormigón pre establecido, lo que quiere decir que si

el diseño del concreto para una estructura como una edificación fue analizado a compresión, pues sus ensayos de calidad o resistencia debe ser para compresión, de igual manera si para una vía durante el diseño se consideró con un concreto a flexión, el mismo debe ser analizado y probado a flexión o en el caso que durante el diseño de la estructura de pavimento se consideró el hormigón a compresión, este debe ser netamente analizado para esta característica y no mezclar las diferentes consideraciones ya que no podremos tener una validez de la información obtenida durante los ensayos de laboratorio.

Otros autores como Supe & Gupta, manifiestan que la resistencia a la flexión (MR) es aproximadamente del 10 al 20 por ciento de la resistencia a la compresión, dependiendo del tipo, tamaño y volumen del agregado grueso utilizado. Sin embargo, la mejor correlación para materiales específicos se obtiene mediante pruebas de laboratorio para los materiales y el diseño de mezclas dados, dando validez a lo obtenido en esta investigación [5].

5. Conclusión

No existe una correlación lineal entre la resistencia a la compresión y el módulo de rotura del hormigón por lo que, no es correcto tomar el valor del segundo como una fracción del primero.

Las variaciones de los resultados de los dos tipos de áridos son pequeñas y su combinación de buenos resultados para la representación general de la correlación entre M_r y f'_c para los hormigones fabricados con estos materiales.

Los resultados obtenidos en esta investigación corroboran las teorías desarrolladas por otros autores, demostrándose que la tasa de crecimiento de la resistencia a la compresión no es la misma que la de la flexión, descartando la posibilidad de una correlación lineal entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión, ratificando que esta correlación se ajusta mejor a una función de tipo exponencial de la forma $M_r = a [f'_c]^n$ de acuerdo a las ecuaciones.

Contribución de autores: conceptualización, J.C., D.Q.; metodología, J.C., D.Q.; software, J.C., D.Q.;

validación, J.C., D.Q.; análisis formal, J.C., D.Q.; investigación, J.C., D.Q.; recursos, J.C., D.Q.; curaduría de datos, J.C., D.Q.; redacción-revisión y edición, D.Q.; visualización, J.C., D.Q.; supervisión, J.C.; administración de proyectos, J.C., D.Q.; adquisición de fondos, J.C., D.Q.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Iñiguez, J.B. Análisis de esfuerzos en pavimentos de concreto tipo whitetopping: caso de estudio vía Biblían–Zhud. *Maskana* **2021**, *12*, 80–87.
2. Cubas Pérez, C.; Tafur Campos, N.N. Correlación entre el esfuerzo de compresión y el módulo de rotura en concretos autocompactantes, utilizando agregados de las canteras Tres Tomas y La Victoria de la región Lambayeque y su aplicación en pavimentos rígidos. **2020**.
3. Aflakisamani, M.; Mousa, S.; Mohamed, H.M.; Ahmed, E.A.; Benmokrane, B. Design and Testing of Lightweight Self-Consolidating Concrete Bridge-Deck Slabs Reinforced with Glass Fiber-Reinforced Polymer Bars. *ACI Struct. J.* **2023**, *120*.
4. Magnan, A.K.; Schipper, E.L.F.; Duvat, V.K.E. Frontiers in climate change adaptation science: advancing guidelines to design adaptation pathways. *Curr. Clim. Chang. Reports*

- 2020, 6, 166–177.
5. Hassan, A.; Galal, S.; Hassan, A.; Salman, A. Utilization of carbon nanotubes and steel fibers to improve the mechanical properties of concrete pavement. *Beni-Suef Univ. J. Basic Appl. Sci.* **2022**, 11, 121.
 6. Landino, M.R. Un acercamiento a las técnicas pictóricas de las pinturas rupestres prehispánicas de La María, meseta central de la pagatonia, provincia de Santa Cruz. **2020**.
 7. INEN NTE INEN 872:2011. *Áridos para hormigón. Requisitos.*; 2011;
 8. Habib, A.; Yildirim, U.; Eren, O. Mechanical and dynamic properties of high strength concrete with well graded coarse and fine tire rubber. *Constr. Build. Mater.* **2020**, 246, 118502.
 9. ASTM, C. 39/C39 M–10.(2010). Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens. In *Proceedings of the American Society for Testing and Materials*; 2021.
 10. INEN INEN 2554, *Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la flexión del hormigón.*; 2011;
 11. ASTM ASTM C78, Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading). **2022**.
 12. Yépez, L.L.; Herrera, A.D.; Aviña, J.G. Estado del desarrollo y aplicaciones de la tecnología del concreto. *Cienc. Nicolaita* **2022**.
 13. INEN INEN 2380, Cemento hidráulico. Requisitos de desempeño para cementos hidráulicos. **2011**.
 14. ASTM ASTM C1157, *Standard Performance Specification for Hydraulic Cement*, 2021;
 15. INEN INEN 857, Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso. **2010**.
 16. ASTM ASTM C127, Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate. **2016**.
 17. ASTM ASTM C192, *Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory*, 2020;
 18. INEN INEN 2649, *Hormigón de cemento hidráulico. Refrentado de especímenes cilíndricos para la determinación de la resistencia a la compresión*; 2012;
 19. ASTM ASTM C617, Standard Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens. **2016**.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Análisis del confort térmico en viviendas sociales con diferentes sistemas constructivos en el clima cálido-húmedo de Ecuador

Danny Bravo-Martínez ^{1*}  Jefferson Torres-Quezada ²  Ramona Panchana Cedeño ¹ 

¹ Universidad Técnica de Manabí, Avenida Urbina, y, Portoviejo 130105, Ecuador

² Universidad Católica de Cuenca, Vargas Machuca, Cuenca, Ecuador

✉ Correspondencia: danny.bravo@utm.edu.ec

☎ + 593 99 416 6577

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62078>

Resumen: El déficit habitacional es uno de los mayores problemas que afecta los países latinoamericanos. Aunque varios programas se han implementado, estos buscan solventar meramente problemas cuantitativos y no cualitativos. En Ecuador, país con varias regiones naturales, los proyectos de vivienda social fomentan programas estandarizados sin importar las características climáticas de cada región. Dos de los programas más implementados en la región Costa y en otras zonas climáticas, han optado por el uso de ventilación y el uso de aislamiento en cubierta respectivamente. Este artículo se enfoca en analizar el confort térmico de las viviendas 1D y 4D construidas en la ciudad de Portoviejo para evaluar la efectividad de las estrategias planteadas. Para alcanzar este objetivo se ha realizado un análisis experimental de la temperatura y humedad relativa interior de estas viviendas. De acuerdo a los resultados encontrados ninguna de las viviendas analizadas se encuentra dentro del rango de confort establecido. Además, las estrategias planteadas de manera independiente como el aislamiento y la ventilación tienen un impacto mínimo y hasta contraproducente. El análisis muestra que las temperaturas alcanzadas, aunque sobrepasan los límites de confort, pueden ser solventadas con estrategias pasivas. Finalmente, este artículo soporta que las viviendas deben plantear un análisis integral de las estrategias a nivel de contexto, emplazamiento, orientación y no solamente de materiales.

Palabras claves: aislamiento de cubierta, sobrecalentamiento, humedad.

Thermal comfort analysis in social dwellings with different construction system in the warm-humid climate of Ecuador.

Abstract: The housing deficit is one of the biggest problems affecting Latin American countries. Although several programs have been implemented, they merely seek to solve quantitative and not qualitative problems. In Ecuador, a country with several natural regions, social housing projects promote standardized programs regardless of the climatic characteristics of each region. Two of the most implemented programs in the Coastal region and in other climatic zones have opted for the use of ventilation and the use of insulation on the roof, respectively. This article focuses on analyzing the thermal comfort of 1D and 4D houses built in the city of Portoviejo to evaluate the effectiveness of the proposed strategies. To achieve this objective, an experimental analysis of the temperature and relative humidity inside these houses has been carried out. According to the results found, none of the houses analyzed is within the established comfort range. In addition, stand-alone strategies such as insulation and ventilation have minimal



Cita: Bravo-Martínez, D., Torres-Quezada, J., & Panchana Cedeño, R. (2023). Análisis del confort térmico en viviendas sociales con diferentes sistemas constructivos en el clima cálido-húmedo de Ecuador. Green World Journal, 06(02), 078. <https://doi.org/10.53313/gwj62078>

Received: 15/May/2023

Accepted: 31/Jul/2023

Published: 02/Aug/2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

and even counterproductive impact. The analysis shows that the temperatures reached, although they exceed the comfort limits, can be solved with passive strategies. Finally, this article supports that the houses must propose a comprehensive analysis of the strategies at the level of context, location, orientation and not only materials.

Keywords: roof insulation, overheating, humidity.

1. Introducción

El déficit habitacional es un problema constante y creciente a nivel mundial, el cual ha sido difícil de solventar y cuantificar hasta la actualidad. En las décadas, diversas instituciones se han enfocado en entender la naturaleza de esta problemática incluyendo la elaboración de metodologías especializadas para estimar su dimensión y estudiar su distribución [1]. Una de los factores más importantes que influyen en este fenómeno, además del crecimiento poblacional mundial, es la migración rural hacia los territorios urbanos como es el caso de los países latinoamericanos [2]. En esta región la población urbana ha aumentado del 41% al 81% en el periodo entre 1950 y 2018 [3] lo que ha ocasionado un incremento significativo de la necesidad habitacional.

Ante esta problemática, los países alrededor del mundo abordan diversas políticas públicas para mitigar el impacto de este fenómeno, no sólo en términos cuantitativos sino también en aspectos cualitativos, como en Francia [4], China [5], o España [6]. Uno de los principales objetivos estipulados en estas políticas es el brindar a las familias de escasos recursos una vivienda digna, confortable y acorde a sus necesidades. Así, la mayoría de las Constituciones de Latinoamérica reconocen el derecho a la vivienda digna de manera directa [7].

En Ecuador, como en gran parte de los países latinoamericanos, existe un déficit habitacional significativo, que para el año 2020 alcanzó los 2.7 millones de unidades [8]. Los diferentes gobiernos han implementado diferentes políticas y a través de ellas programas de Vivienda Social (VS), los cuales se han realizado desde 1990. La política de vivienda se comenzó a implementar a través de la creación del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) en 1993, cuando se reorganizó la institucionalidad vinculada con el sector bajo los preceptos de eficiencia y subsidiaridad [9]. Desde este año, el gobierno ecuatoriano ha implementado diferentes programas de vivienda como Casa para Todos [8], un Solo Toque [10], y varios más.

El MIDUVI estima que anualmente deben construirse anualmente más de 64.000 viviendas en Ecuador. Además, este ministerio señala malas prácticas constructivas como el uso de cubiertas de zinc en un 43% en la región de la Costa ecuatoriana, lo que destaca las deficiencias cualitativas de los programas habitacionales actuales. El 45% de los 3,8 millones de hogares ecuatorianos habitan en viviendas inadecuadas. Este número contabiliza al 36% de hogares que sufren déficit cualitativo, y al 9% de los hogares que sufren un déficit cuantitativo [11].

Aunque estos programas han reducido cuantitativamente el problema de la VS en Ecuador, a diferencias de las políticas en otros países, los problemas cualitativos han sido poco abordados. Estos programas adoptan estrategias que carecen de integración al contexto social, cultural y hasta climático. Esto responde que los programas proponen prototipos estandarizados mediante la aplicación de sistemas constructivos que priorizan la rapidez y economía constructiva. Tanto en Ecuador como en otros países latinoamericanos, se puede observar la homogenización de las viviendas para climas diversos como el cálido seco, cálido húmedo, templado y hasta frío [12].

Ecuador, como en varios países de Sudamérica, posee una gran diversidad climatológica, debido a su ubicación geográfica (cercano a latitud 0°) y por estar atravesado por la cordillera de los Andes [13]. Este país oficialmente posee 4 regiones naturales con distintos pisos climáticos, desde el cálido-húmedo hasta el frío montañoso. Diferentes programas de vivienda de diferentes

periodos gubernamentales han optado por implementar el mismo prototipo para las diversas regiones del Ecuador. Por ejemplo, el prototipo de vivienda 1D con paredes de bloque de pómez y cubierta de fibrocemento o el prototipo 4D con el sistema de muros portantes con paredes de hormigón armado, ambos usados tanto en la región Sierra (2400 msnm) como en la región Costa (0 msnm) [8, 14]

Uno de los climas con mayores repercusiones térmicas en Ecuador es la región Costa, caracterizada por altos niveles de radiación solar, temperatura y humedad [15]. Por tanto, la morfología urbana, la forma de la edificación, el diseño y su orientación pueden generar espacios inconfortables térmicamente que inciden directamente en el incremento del consumo energético debido al uso de sistemas activos de refrigeración [16, 17]

Dentro de las soluciones para reducir las altas temperaturas interiores en climas cálidos ha sido el uso de aislamiento, lo cual ha traído grandes beneficios en otras regiones [18]. Esta estrategia ha sido usada en la cubierta del prototipo 4D, a través del uso de poliuretano [19]. Esto responde a que en las regiones cercanas a la latitud 0° la cubierta es la superficie que mayor aporte de calor proporciona al interior de la edificación [20, 21]. Además, la altura mínima de edificaciones de la VS se ha establecido en 2.50m en esta región [22]. Esta dimensión repercute en el incremento de volumen del aire y por tanto en las renovaciones horarias. Por otra parte, en el modelo 1D se ha utilizado lucernarios verticales en la cubierta, lo cual puede ayudar a la extracción del aire por convección [23]. Aunque varias estrategias se han implementado, todas ellas se han utilizado de manera aislada, y sin comprobar la eficacia que tienen sobre el sobrecalentamiento interior de las edificaciones.

Por tanto, en el presente estudio se realiza un análisis del comportamiento térmico de dos viviendas de interés social de alta demanda construidas con sistemas constructivos diferentes. El objetivo de este artículo es evaluar la eficacia de los modelos de vivienda 1D y 4D en su confort interior a través del análisis de la temperatura y humedad relativa interior.

2. Materiales y métodos

La metodología planteada para esta investigación se basa en un análisis experimental a través de la medición de la temperatura interior (°C) y humedad relativa interior (%) de los dos modelos de vivienda escogidos (1D y 4D) ubicados en la ciudad de Portoviejo de la región Costa de Ecuador. El primer paso fue escoger los modelos de análisis, y luego se realizaron las mediciones in situ. La metodología aplicada se tomó de un estudio previo [24]. Los casos analizados y los proceso de medición se detallan en los siguientes apartados.

2.1 Descripción de área y casos de estudio

La ciudad de estudio se localiza a una latitud 1°03'15" Sur, longitud 80°28'50" Oeste y una altitud de 20 a 40 msnm y cuenta con un clima cálido-húmedo [25] La temperatura media es de 27~C con una oscilación anual y diaria de 3°C y 7°C respectivamente. La humedad relativa medida es de 75%, ver Figura 1.

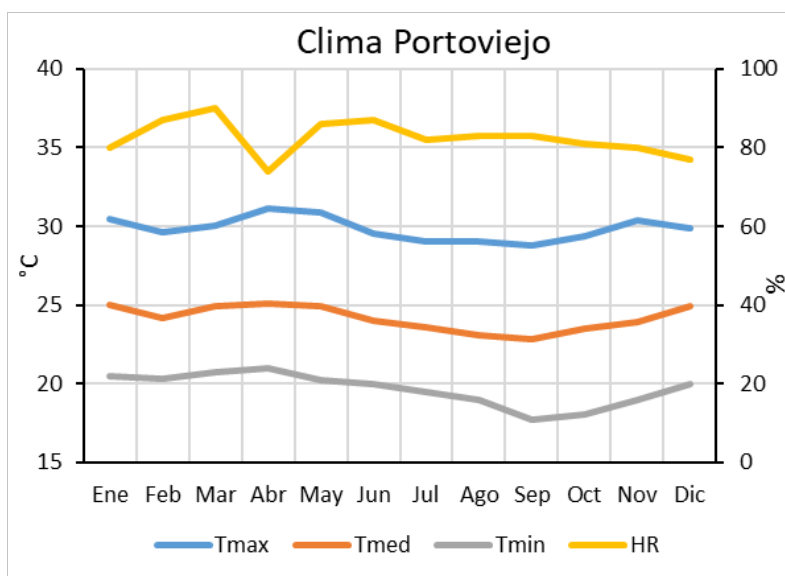


Figura 1 Temperatura y humedad relativa de la ciudad de Portoviejo (INAMHI, 2016)

La selección de los casos de estudio se centró en escoger una muestra de cada 1 de los dos casos de estudios que posean la misma orientación (fachada frontal orientada al oeste) y ubicadas en el mismo sector y calle de la ciudad, para minimizar las variables de estudio. El caso de estudio 1 corresponde a la vivienda 1D (V1D) y el caso de estudio 2 es la vivienda 4D (V4D). La ubicación de estos casos de estudio se muestra en la Figura 2.



Figura 2 Localización del Caso de estudio 1 (V1D) y el caso de estudio 2 (V4D)

La V1D cuenta con una planta que alberga una sola familia en un área de 47 m². Esta tipología tiene un sistema constructivo de paredes de bloque de pómez con un enlucido de 1 cm en el interior y exterior, y una cubierta de fibrocemento pintada de color rojo más una capa de cielo raso de yeso cartón separados por una cámara de aire no ventilada. Esta vivienda se encontraba ocupada por 2 personas de la tercera edad. La V4D cuenta con dos plantas, la planta baja (V4D_pb) y la planta alta (V4D_pa), que albergan 1 familia en cada una de ellas en un área de 50 m². Esta tipología tiene un sistema constructivo de paredes de hormigón, losa de entepiso de hormigón y cubierta tipo sándwich con dos láminas metálicas separadas por una capa de poliuretano de 5 cm. Las paredes de las dos viviendas han sido pintadas con colores pasteles de alta reflectividad. La V4D_pb tenía una ocupación de 2 personas que permanecían todo el día en la vivienda y mantenías abierta ventanas gran parte del día. La V4D_pa tenía una ocupación de 2 personas que permanecían todo el día en la vivienda. Los dos núcleos familiares de esta vivienda tenían una ocupación de 3 personas. La ventilación del espacio medido (sala) de las 3 viviendas permanecía con las ventanas abiertas de 10h00 a 16h00 al igual que la puerta trasera. La sala de cada una de las viviendas fue el espacio donde se colocó el datalogger de temperatura/humedad. La configuración arquitectónica y el sistema constructivo utilizado en cada vivienda se muestra en la Figura 3.

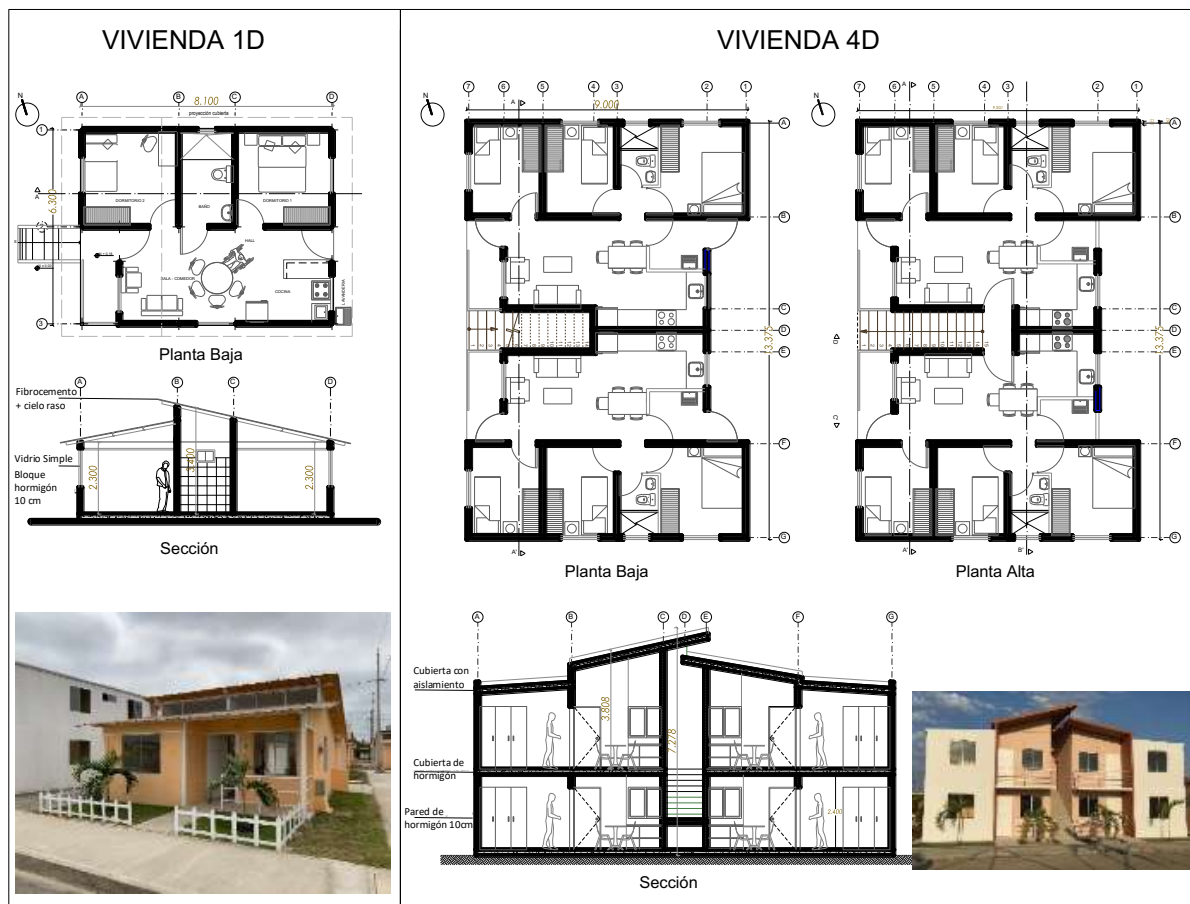


Figura 3 Plantas y sección arquitectónica de la V1D (izquierda) y la V4D (derecha).

Las características térmicas (factor U, reflectividad y emisividad) de la envolvente de estos prototipos se detallan en la Tabla 1. Todos estos valores han sido calculados a partir del levantamiento realizado *in situ* y calculados con el programa Design Builder.

Tabla 1 Factor U, reflectividad (r) y emisividad (e) de la envolvente de las 3 viviendas analizadas.

Envolvente	V1D			V4D_pb			V4D_pa		
	U (W/m ² .K)	r	e	U (W/m ² .K)	r	e	U (W/m ² .K)	r	e
Pisos	3.10	0.40	0.90	3.10	0.40	0.90	3.10	0.40	0.90
Paredes	2.90	0.65	0.90	3.5	0.65	0.90	3.5	0.65	0.90
Cubiertas	5.20	0.55	0.90	3.5	0.55	0.90	0.85	0.70	0.15
Ventanas	5.40	0.70	0.90	5.40	0.70	0.90	5.40	0.70	0.90
		(transmisión solar)			(transmisión solar)			(transmisión solar)	

2.1 Proceso e Instrumentación.

Las mediciones se realizaron en intervalos de 10 min durante un periodo de 7 días del 27 de abril al 3 de mayo de 2022. Además, se recolectaron los datos de temperatura exterior de la estación meteorológica la Teodomira M1208 cercana a la ciudad y perteneciente al INAMHI [26]. Este periodo de medición corresponde a la temporada con mayor temperatura del año en esta región y fue elegido para ver el desempeño térmico de estas viviendas en las condiciones más desfavorables. Sin embargo, la temperatura de este mes no varía en gran medida con respecto a los otros meses por la baja oscilación anual que tiene el clima de Ecuador. La instrumentación utilizada fue el datalogger RC-51H con una precisión en la temperatura de ± 0.5 ($-20^{\circ}\text{C}/+40^{\circ}\text{C}$) y en la humedad interior de $\pm 3\%$ RH (25°C , 20% ~ 90% RH).

3. Resultados

La Figura 4 muestra los resultados de la temperatura interior de V1D, V4D_pb y V4D_pa, y la temperatura exterior de todos los días del periodo medido. En este periodo la mayoría de días presentan una temperatura media exterior de 26.5°C con excepción del 28 de abril que tiene una temperatura media similar pero una oscilación mucho menor. Este día tiene una temperatura media de 25.5°C y una oscilación diaria de 5°C . En cambio, el 30 de abril, que es uno de los días con mayor temperatura, muestra una temperatura media de 26.5°C y una oscilación de 11°C por lo que en este día se alcanza una temperatura máxima de 32°C . En cambio, el 28 de abril su temperatura alcanza los 28°C .

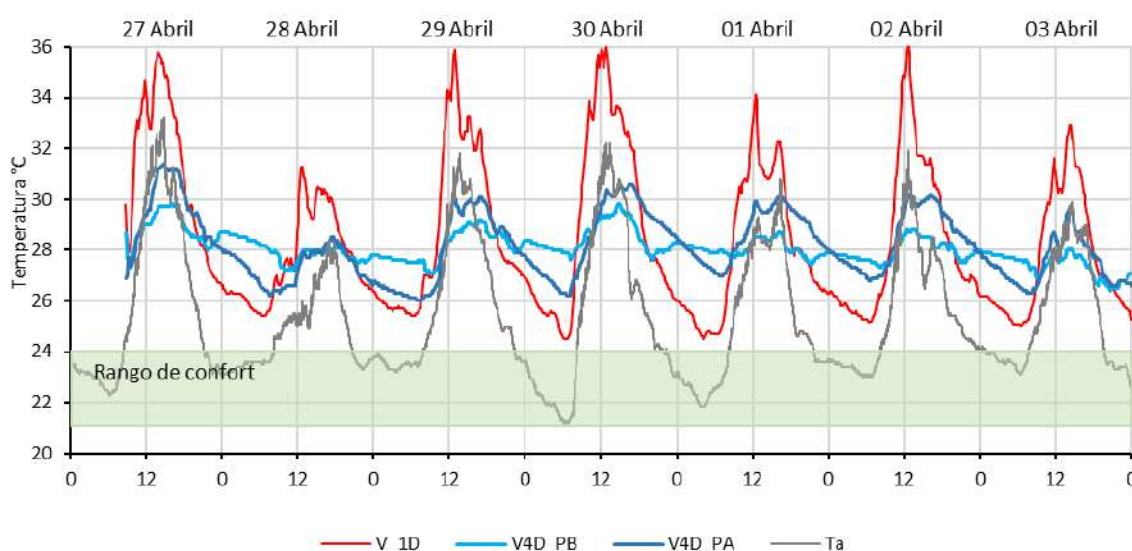


Figura 4 Temperatura interior medida en los 3 espacios analizados (V1D, V4D_pb y V4D_pa).

En cuanto al comportamiento térmico interior, la vivienda con mayores temperaturas es la V1D la cual tiene una temperatura media (T_m) de 28°C en el día menos caluroso (28 de abril), con una temperatura máxima ($T_{\max}$) de 31°C y una temperatura mínima ($T_{\min}$) de 25.5°C . En el 30 de abril esta vivienda tiene una T_m de 30.5°C , con una $T_{\max}$ de 36°C y una $T_{\min}$ de 25°C . Las temperaturas mínimas de esta vivienda (V1D) son las más bajas de las 3 viviendas aun cuando en el día presente las mayores temperaturas. Por otro lado, la vivienda 4D presenta menores temperaturas medias que la 1D tanto en planta baja como en planta alta. La V4D_pb tiene una temperatura media 27°C y 29°C el 28 y 30 de abril respectivamente. Esta vivienda presenta oscilaciones diarias bastante bajas de 1 a 2°C máximo, es por esto que en el 30 de abril su T_m alcanza los 29.5°C y su $T_{\min}$ los 28°C . En cuanto a la V4D_pa, esta vivienda presenta una T_m de 27.2°C y 28.2°C el 28 y 30 de abril respectivamente. Aunque esta vivienda presenta T_m menores que la V4D_pb, su oscilación es más alta, por lo que el 30 de abril su $T_{\max}$ es de 30.5°C y una $T_{\min}$ de 26°C . Dado la baja oscilación térmica de estas viviendas (4D) su temperatura mínima no baja tanto como se muestra en la V1D.

En cuanto a los resultados de la humedad relativa interior, Figura 5, como era de esperarse, los valores de todas las viviendas presentan un comportamiento opuesto a la temperatura interior durante todo el día. En el día se presentan los menores valores de humedad relativa interior y en la noche sus valores se elevan. En la V1D la humedad relativa va de 50 a 77% aproximadamente en todos los días. Mientras que, la V4D_pb y V4D_pa tienen unos valores que van de 60–72% y 67–72%. Si se compara las 3 viviendas, la V1D es la vivienda que muestra menores valores de humedad relativa interior en el periodo nocturno. Además, aunque en el periodo nocturno presenta valores más altos que las otras viviendas, esta diferencia no es marcada como en el periodo diurno.

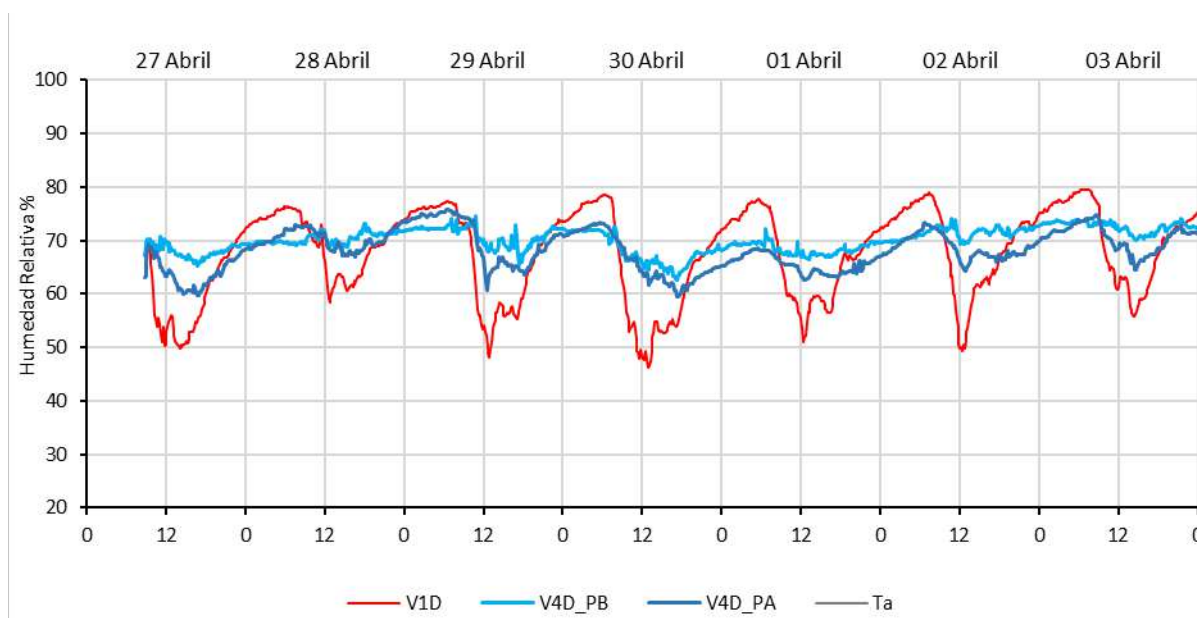


Figura 5 Humedad relativa interior medida en los 3 espacios analizados (V1D, V4D_pb y V4D_pa).

En la Figura 6 se muestra la relación de la temperatura interior y la humedad relativa interior para categorizar el estado de confort o discomfort en el día 28 y 30 de abril, los cuáles corresponden a los días menos y más calurosos respectivamente en el periodo analizado.

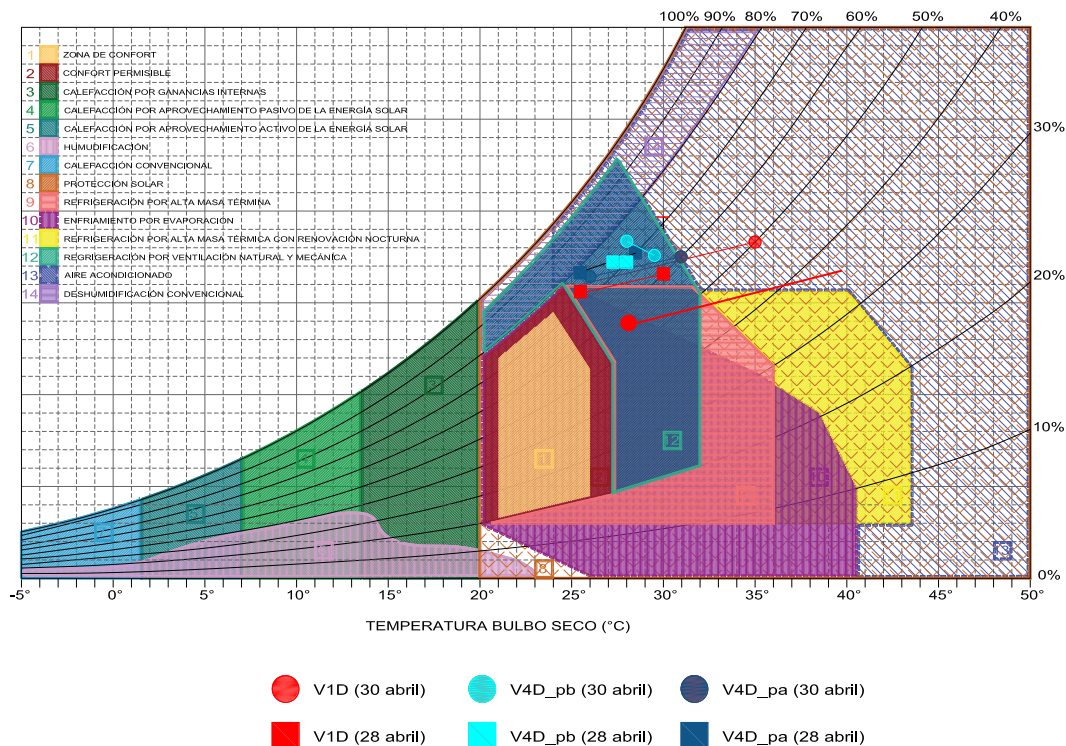


Figura 6 Ábaco psicrométrico de Givoni con las temperaturas y humedades de la V1D, V4D_pb y V4D_pa en los días más caluroso (30 de abril) y menos caluroso (28 de abril) del periodo medido.

De acuerdo con estos resultados, todas las viviendas en los dos días de análisis se encuentran fuera del rango de confort, con excepción de la V1D en el instante en que se registra su temperatura mínima en el día más caluroso. Aunque esta vivienda es la que presenta mayor sobrecalentamiento interior también es la que presenta mayor oscilación térmica y por tanto en el día con mayor temperatura (30 de abril) puede reducir su T_m hasta los 24.5°C. No obstante, debido a la alta humedad registrada en este instante el nivel de confort se encuentra en el límite del rango establecido. Un comportamiento similar sucede en la V4D_pa, la cual alcanza temperaturas nocturnas que pueden estar dentro del rango de confort, pero debido a la alta humedad su sensación térmica se sale de este rango. En cuanto a la V4D_pb, aunque esta vivienda es la que mantiene menores temperaturas, debido a su baja oscilación térmica se mantiene muy distante del rango de confort durante todo el día, lo cual se intensifica por los niveles de humedad. Es necesario enfatizar que estos niveles de humedad llegan hasta estos valores aun cuando las ventanas permanecen abiertas durante toda la mayor parte del periodo diurno.

Por último, de acuerdo a este análisis la mayoría de las viviendas caen en el cuadrante 12 donde se necesita refrigeración por ventilación natural y mecánica. Solo la V1D en el periodo diurno cae en el cuadrante 13, donde se necesita aire acondicionado.

4. Discusión

Como se ha visto en los resultados todas las viviendas se encuentran por arriba del rango de confort de la temperatura. Solo en el periodo nocturno del día más caluroso, la vivienda 1D pueda alcanzar el rango de confort. Esto se debe principalmente a la baja inercia térmica que presenta esta vivienda y al bajo nivel de compactidad que tiene, dado que está construida con paredes bloque y una cubierta de fibrocemento y a que se encuentra emplazada de manera aislada. Estas características ayudan en gran medida a la disipación de calor. No obstante, en esta vivienda el

uso del lucernario orientado hacia el este al igual que su fachada principal, hacen que la vivienda reciba directamente la radiación solar en la tarde.

Por otro lado, las viviendas del edificio 4D, presentan una menor oscilación debido a que tienen una menor cantidad de superficies en contacto directo con el exterior. Al igual que la vivienda 1D estas viviendas se encuentran orientadas hacia oeste, lo que hace que reciban directamente la radiación solar.

El diseño base de estas viviendas plantea un alero en su fachada frontal, no obstante, este elemento protege en poca medida los rayos solares debido a su corta longitud (70cm).

En las 3 viviendas se muestra la gran influencia de la radiación solar de la tarde, no obstante, es más evidente la influencia de este flujo de calor a través de cubierta como en el caso de la vivienda 1D. A esto se suma, que las 3 viviendas cuentan con un acabado de color ocre, el cual cuenta con un índice de reflectividad bajo. Dentro de este contexto es evidente que la vivienda 4D_pb y 4D_pa presentan las menores ganancias por cubierta debido a que no cuentan con una cubierta expuesta al sol y con una cubierta con aislamiento respectivamente.

Aunque las soluciones para reducir el desconfort de estas viviendas se centran en implementar acciones pasivas, como es el uso de la ventilación, es necesario recalcar que esta acción ya se ha considerado actualmente por los usuarios en las viviendas medidas, aunque solo en el periodo diurno. El efecto de esta estrategia resulta minimizado debido a la baja altura que presenta las viviendas (alrededor de 2.40 m) lo cual no refleja el las medidas típicas de esta región (2.80m).

Al igual que en otros estudios [24], el uso del aislamiento no es el parámetro con mayor influencia en el comportamiento térmico de la vivienda o el que puede asegurar el confort interior. Como asegura Fernández et al. [27] en un estudio realizado en Portugal en verano, una de las prioridades para reducir el sobrecalentamiento interior es la protección a la radiación solar. Por tanto, para Ecuador se recomienda evitar la orientación de las ventanas hacia orientaciones este u oeste.

5. Conclusión

La presente investigación aborda la problemática del desconfort térmico de las viviendas sociales en la región Costa del Ecuador, tomando como casos de estudios la vivienda 1D, la vivienda 4D (planta baja) y la vivienda 4D (planta alta) que son los prototipos más implementados en esta ciudad. Esta investigación realiza un análisis de campo a través de mediciones de temperatura y humedad relativa para poder evaluar el confort térmico de estas viviendas en uno de los meses con mayor temperatura de esta ciudad. A partir de los resultados analizados se han determinado las siguientes conclusiones:

Las viviendas sociales en la ciudad de Portoviejo no se encuentran dentro del rango de confort tanto en el día como en la noche. Aun cuando las viviendas analizadas cuentan con estrategias para reducir el sobrecalentamiento estas resultan poco efectivas. Por un lado, el uso de la ventilación en la vivienda 1D a través del lucernario de la cubierta resulta contraproducente debido a la orientación oeste que tiene. Por otro lado, el uso del aislamiento en la vivienda 4D_pa tiene un efecto positivo en el día, no obstante, en la noche esta estrategia resulta negativa debido a impedir la disipación de calor. En cuanto a la vivienda 4D_pb, debido a que solo cuenta con 3 lados en contacto con el espacio exterior tiene una disipación de calor baja, lo cual complica la disminución de temperatura en la noche,

En cuanto a la humedad en todas las viviendas, estos valores intensifican el desconfort interior debido a la baja ventilación que poseen y a las altas temperaturas registradas en todas las viviendas.

En definitiva, las estrategias planteadas de manera independiente no tienen un resultado importante en reducir el sobrecalentamiento interior de las viviendas. Dado que los proyectos

planteados no presentan un diseño sustentable integral y no toman en consideración puntos tan importantes como la orientación de las ventanas o el uso de colores claros en cubiertas, las estrategias utilizadas resultan poco importantes en la reducción del discomfort interior. Además de ello, el diseño arquitectónico de las viviendas analizadas responde a un objetivo constructivo económico relacionada al ahorro de material y la reducción del tiempo de construcción, como el uso de paredes de alta conductividad y una altura baja en las viviendas.

Finalmente, este artículo soporta que las estrategias implementadas en las viviendas sociales en la región Costa del Ecuador no tienen un impacto significativo ni siquiera moderado en la reducción del sobrecalentamiento interior. Un análisis integral del contexto climático general y específico del lugar donde se emplaza cada solución habitacional será necesario para obtener soluciones representativas. Los resultados mostrados indican que estas consideraciones pueden tener resultados importantes para alcanzar el confort en estas viviendas solo con estrategias pasivas como la orientación de la vivienda.

Contribución de autores: conceptualización, D.B. y J.T.; metodología, D.B. y J.T.; recursos, D.B.; curaduría de datos, D.B.; redacción-revisión y edición D.B; supervisión, J.Ty R.P.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. ONU-HÁBITAT – Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. Déficit habitacional en América Latina y el Caribe: una herramienta para el diagnóstico y el desarrollo de políticas efectivas en vivienda y hábitat. Nairobi: ONU-Hábitat, 2015.
2. United Nations. (2018). World urbanization prospects. Vecchio, G., Tiznado-Aitken, I., & Hurtubia, R. (2020). Transport and equity in Latin America: A critical review of socially oriented accessibility assessments. *Transport Reviews*, 40(3), 354–381.
3. Pisarello, G. (2003). Vivienda para todos: un derecho en (de) construcción, el derecho a una vivienda digna y adecuada como derecho exigible (Vol. 34). Icaria Editorial.
4. Jaupart, P. (2020). The elusive quest for social diversity: Public housing, diversity, and politics in France. *Economics Letters*, 197, 109626.
5. Hu, L., He, S., Luo, Y., Su, S., Xin, J. y Weng, M. A social-media-based approach to assessing the effectiveness of equitable housing policy in mitigating education accessibility induced social inequalities in Shanghai, China. *Land Use Policy*, 2020. 94, 104513. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104513>
6. Serrano-Jiménez, Ensuring proper management of building renovation based on an optimised decision-making model: Application in schools and social housing from southern Europe. In *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 2022. ISSN: 1755-1315
7. Smart, S., Jiménez, E., & Correa, F. Derecho a una vivienda digna en Latino América. (2013). *Obtenido de* <https://www.trust.org/contentAsset/raw-data/d54c4446-8a0c-4000-b30e-3672a1f52dd0/file>.
8. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda de la República de Ecuador(MIDUVI). *PROYECTO VIVIENDA PLAN CASA PARA TODOS*. 2020. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/06/PROYECTO-DE-VIVIENDA-CASA-PARA-TODOS.pdf>
9. Córdova, M. A. Transformación de las políticas de vivienda social. El Sistema de Incentivos para la Vivienda en la conformación de cuasi-mercados en Ecuador. *Iconos. Revista de*

- Ciencias Sociales*. (2015). (53), 127–149.
10. Acosta, M. La gestión de la vivienda social en Ecuador: entre la espada y la pared. *Ecuador Debate*. 2009. 76.
 11. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda de la República de Ecuador. *Programa Nacional de Vivienda Social*, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda de la República de Ecuador: Quito, Ecuador, 2015.
 12. Marincic, I., Ochoa, J. M., & Río, J. A. del. Confort térmico adaptativo dependiente de la temperatura y la humedad. *ACE: Architecture, City and Environment*. (2012). 7(20), 27–46. <https://doi.org/10.5821/ace.v7i20.2572>
 13. Delgado, D., Sadaoui, M., Ludwig, W., & Méndez, W. Spatio-temporal assessment of rainfall erosivity in Ecuador based on RUSLE using satellite-based high frequency GPM-IMERG precipitation data. *CATENA*. (2022). 219, 106597
 14. Giraldo-Castañeda, W., Czajkowski, J. D., & Gómez, A. F. Confort térmico en vivienda social multifamiliar de clima cálido en Colombia. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*. (2021). 23(1), 115–124.
 15. Valderrama Chávez, M. D., Vásquez Granda, V. D., & León Baque, E. L. Cambios en patrones de precipitación y temperatura en el Ecuador, región costa. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*. (2021). 8(spe2). <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2609>
 16. Li, Z., Lin, B., Zheng, S. *et al.* Una revisión del método de cálculo del consumo energético operativo para edificios urbanos. *Construir. Simul.* (2020). 13, 739–751 <https://doi.org/10.1007/s12273-020-0619-0>
 17. Alghamdi, S., Tang, W., Kanjanabootra, S., & Alterman, D. (2022). Effect of Architectural Building Design Parameters on Thermal Comfort and Energy Consumption in Higher Education Buildings. *Buildings*, 12(3), 329.
 18. Wang, H., Huang, Y., & Yang, L. Integrated Economic and Environmental Assessment-Based Optimization Design Method of Building Roof Thermal Insulation. *Buildings*. (2022). 12(7), 916.
 19. Delgado-Gutierrez, E., Canivell, J., Bienvenido-Huertas, D., & Rubio-Bellido, C. Improvement Options of a Social Housing Prototype in Different Climate Zones in Ecuador. *Buildings*. (2022). 12(7), 989.
 20. Torres/Quezada, J., Coch, H. y Isalgue, A. Assessment of the reflectivity and emissivity impact on light metal roofs thermal behaviour, in warm and humid climate. *Energy and Buildings*. 2019. 188–189. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.02.022>
 21. Ortiz-Zambrano, E., Torres-Quezada, J. y Véliz-Párraga, J. Thermal and lighting evaluation in light roof prototypes, for hot humid climates | Evaluación térmica y lumínica en prototipos de cubiertas ligeras, para clima cálido húmedo. *Habitat Sustentable*. 2021. 11(2). <https://doi.org/10.22320/07190700.2021.11.02.05>
 22. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). Anexo 1 Lineamientos arquitectónicos para viviendas de interés social. 2012. Obtenido de: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/04/Anexo-1-Lineamientos-arquitectonicos.pdf
 23. Laborda, M. Á. C., García, I. A., Escudero, J. F. A., & Sendra, J. J. Towards finding the optimal location of a ventilation inlet in a roof monitor skylight, using visual and thermal performance criteria, for dwellings in a Mediterranean climate. *Journal of Building Performance Simulation*. (2015). 8(4), 226–238.
 24. Santana, B., Torres-Quezada, J., Isalgué, A. y Coch, H. Monitoring and Calculation Study in Mediterranean Residential Spaces: Thermal Performance Comparison for the Winter Season.

- Buildings*. 2022. 12(3) 325. <https://doi.org/10.3390/buildings12030325>
25. NEC-HS-EE. *Eficiencia Energética en Edificaciones Residenciales NEC-HS-EE*; Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda: Quito, Ecuador. 2018; p. 40.
26. INAMHI. Red de estaciones automáticas hidrometeorológicas. 2022. Obtenido de: <http://186.42.174.236/InamhiEmas/#>. Acceso en: junio 2022.
27. Fernádes, J.; Pimenta, C.; Mateus, R.; Silva, S.; Bragança, L. Contribution of Portuguese vernacular building strategies to indoor thermal comfort and occupants' perception. *Buildings* **2015**, *5*, 1242–1264



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Understand the impact of positive and negative information on public opinion about autonomous vehicles among young Ecuadorians

Josue Ortega¹   Yasmany García-Ramírez²  Carolina Parreño¹ 

¹*Logistics and Transportation Department, Universidad Técnica Particular de Loja, San Cayetano Street, Loja 110107, Ecuador; jdortega19@utpl.edu.ec

² Department of Civil Engineering, Universidad Técnica Particular de Loja, ydgarcia1@utpl.edu.ec

 Correspondence: jdortega19@utpl.edu.ec  + 593 (07) 3701444

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62080>

Abstract: Technological advances have accelerated the development of autonomous vehicles (AVs) in recent years. AVs offer several potential benefits, such as improving road safety, fuel efficiency, traffic flow and reducing greenhouse gases. The problem is that while AVs offer potential benefits, they also present ethical challenges and concerns, and there is a lack of research on public perceptions specifically among young Ecuadorians, who are heavy technology consumers. In this context, this study aimed to analyze the attitudes and perceptions of young Ecuadorians towards AVs by presenting them with positive and negative information about AVs. More than 500 surveys were collected using the snowball technique in the community of the Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), which is located in a city in the south of the country. The survey looked at their perceptions before and after they were presented with positive and negative information about AVs. The study found gender and driving frequency differences in the perception of (AVs, with women exhibiting greater reductions in their opinions and confidence levels about AVs compared to men, and overall, there was a slight decline in opinion towards AVs, accompanied by increased concerns about AVs travel. Driving frequency had an impact on perception and concerns. This type of study allows for a better understanding of the perceived benefits and concerns regarding AVs adoption in Ecuador.

Keywords: Technology adoption, Gender differences, Driving habits, Attitude change, Young adults



Citations: Ortega, J., García-Ramírez, Y., & Parreño, C. (2023). Understand the impact of positive and negative information on public opinion about autonomous vehicles among young Ecuadorians. Green World Journal, 06(02), 080.

<https://doi.org/10.53313/gwj62080>

Received: 25/June/2023

Accepted: 02/August/2023

Published: 03/August/2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial

Editor's Note: CaMeRa remains neutral regarding legal claims resulting from posted content. The responsibility for the information published lies entirely with the authors.

1. Introduction

The interest in studies related to AVs has grown among researchers and the general public due to the advances that this technology can offer in education, employment possibilities or increased productivity by reducing the burden of daily tasks [1,2].

AVs have several potential benefits, for example (1) safety, (2) intersection control, (3) collision-free navigation, (4) obstacle detection and (5) pedestrian protection [3,4].



© 2023 License CaMeRa, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

Likewise, AVs bring several novelties to problems that currently interest the majority of the population, such as fuel efficiency, traffic flow or the reduction of greenhouse gases [5,6].

While AVs offer several advantages, their rapid introduction can also bring certain disadvantages that should be considered at the time of implementation [7,8]. Some of these issues include, first of all, the Law, i.e. determining who is liable in the event of an accident or crime (the vehicle owner, the occupant, the vehicle manufacturer or another entity) [9,10]. Secondly, as AVs are a technology based on computer and technological systems, AVs can be vulnerable to hackers who can access different functions of the vehicle, such as the Global Positioning System (GPS), Inertial Measurement Unit (IMU), Light Detection and Ranging (Lidar) or monoscopic and stereoscopic cameras [11,12]. Finally, other functions may also be affected, such as internal or external communication systems and attacks or risks to the hardware [11,13].

In general, the process of diffusion of innovations is not always easy when it comes to the application of new technologies in people's daily lives [14,15]. Several studies indicate that innovations are positive and should be accepted by the general public [16,17]. However, in most cases, this does not happen because people can resist the acceptance and use of new innovations in technologies (AVs) [18,19]. In other words, innovations in most cases face psychological barriers (reliability, fear, anxiety, distrust or uncertainty), poor dissemination of information or lack of clear statements about benefits [20].

Therefore, in recent years several surveys have been conducted on the acceptance of AVs and its impact on people's daily lives. Table 1 presents a summary of the different surveys that have been carried out to identify and detect the parameters, opinions, doubts and intentions that the general public has regarding the use or acceptance of AVs. Each article includes the author, the country in which the survey was conducted, the date of collection, the number of survey participants, and the significant results obtained from each study.

Table 1. Summary of related studies.

First author (year)	Country	Date of data collection	Participants	Significant results	Reference
Abraham et al. (2016)	United States	2016	3034	Older adults are comfortable accepting the introduction of technological innovations. However, there are some concerns about the desirability in adopting AVs.	[21]
Robertson et al. (2019)	Canada	2016	2662	Older drivers (65+) show great interest and enthusiasm for automated vehicles, if certain conditions are met (safety guarantee, low costs, cheap maintenance, insurance policies).	[22]
Payre et al. (2014)	French	2013	441	Most participants have a positive opinion of fully automated driving. Even though they had never tried an autonomous vehicle before.	[23]
Choi et al. (2015)	Korea	OF ¹	552	People are willing to adopt AVs if this technology provides confidence and a sense of usefulness.	[24]
Zhang et al. (2020)	China	2018	647	People who like to experience new sensations and those who are more willing to have novel experiences are more likely to accept AVs, while neurotic people are less inclined to accept AVs.	[25]
Liljamo et al. (2018)	Finland	2017	2036	People with a high level of education (master's or doctorate) and those who live in a densely populated area tend to have a positive attitude towards AVs.	[26]
Bansal et al. (2016)	United States	2014	347	Estimates of willingness to pay (WTP) for new technologies suggest that men	[27]

				with high incomes, who are familiar with autonomous technology and experience with accidents, have a higher WTP for AVs.	
Kyriakidis et al. (2015)	Netherlands	2014	5000	It was found that although people are concerned about software piracy/misuse and the legal and safety aspects, most agree that fully automated driving would be enjoyable.	[28]
Sener et al. (2019)	United States	2016	3097	People with physical conditions that make it difficult to drive, young people and owners of vehicles with highly automated functions (adaptive cruise control, lane keeping or automated parking), are more likely to use AVs.	[29]
Wintersberger et al. (2019)	Austria	OF ¹	192	Although most people are well aware of the meaning and implications of AVs, there are still concerns about cybersecurity, reliability, and vehicle sharing.	[30]
Stoiber et al. (2019)	Switzerland	2018	709	People surveyed prefer AVs sharing rather than using a single autonomous vehicle. In addition, if the vehicle is associated with three important factors such as (1) cost, (2) time and comfort, the likelihood of adoption increases.	[31]
Krueger et al. (2016)	Australia	2015	435	The results show that the adoption and use of shared autonomous vehicles (SAVs) are closely related to the cost of travel, travel time and waiting time that SAVs perform.	[32]
Hulse et al. (2018)	United Kingdom	2016	925	Survey participants mentioned that they consider AVs to be a "low-risk" form of transportation despite concerns (cybersecurity, hacking, and vehicle road safety).	[33]

¹ Not available

Based on different aspects and concerns that can lead to the acceptance and use of AVs. These studies do not consider respondents' perception when presented with positive and negative information about AVs. Therefore, this study aims to deepen the perception of young Ecuadorians about AVs, shedding light on their attitudes, opinions and expectations. To achieve this goal, a comprehensive survey was developed, employing a before-and-after approach to measure participants' perception after introducing AVs related accidents. Using the snowball technique, 518 surveys were collected in a city located in the southern region of Ecuador. Through the analysis of the collected data, this study seeks to identify differences in perception based on the information received by the participants, gender disparities and variations derived from driving frequency.

By providing insight into the perceived benefits and concerns associated with the adoption and acceptance of AVs in Ecuador, this research contributes to a better understanding of the potential challenges and opportunities ahead. Such knowledge is critical for policymakers, researchers and stakeholders in the transportation sector, enabling them to make informed decisions regarding the integration of AVs into the Ecuadorian transportation system. Furthermore, as technological advances continue to reshape societies, understanding public perceptions towards AVs is crucial to fostering public acceptance and addressing any reservations or concerns that may hinder its widespread adoption.

2. Materials and methods

The following section provides a detailed description of the methodology employed in this study. It begins by focusing on the details of the sample, specifying the target population as young university students from the city of Loja, Ecuador. It then describes the data collection instrument, which was a survey developed in Survey123 from ArcGIS Online. Subsequently, the data collection process is discussed, including the elimination of surveys with invalid information, the scoring of responses on a Likert scale, the calculation of average values, and the evaluation of variations in perception before and after learning about AVs. The Materiality Index (RII) was used to measure the effect of shared information on public opinion. Changes in public perception were assessed and demographic variables were analysed using graphs and statistical values.

2.1. Sample details

This study focused on young university students from the city of Loja, Ecuador. The sample was collected mainly from the community of the Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL). The sample must have a similar local population distribution, composed of 48% men and 52% women. According to the 2010 population census, the population of the Loja canton was 214,855 inhabitants, of which 16.1% were young people between 20 and 29 years old. Thus, the number of young people in this age group was 36,202. With this population, a confidence level of 95% and a margin of error of 5%, a sample size of 381 respondents is required [34].

2.2. Instrument

The data collection instrument used was a survey developed in ArcGIS Online's Survey123. The survey, using the before-and-after approach, consisted of four sections: general respondent information, previous perception of AVs, positive and negative information about them, and after perception of AVs. The purpose of the survey was to assess participants' previous perception of these types of vehicles without providing them with certain details, and then to assess whether their perception changed after they were presented with additional information about AVs. This instrument was validated with master's students in civil engineering with specialization in mountain roads from the UTPL to determine if each of the questions and their answer options were easily understandable. If necessary, the elements of the instrument were corrected. Detailed information on each section of the survey is provided in Table 2 [35].

Table 2. Four sections of the survey in this study.

Section 1: Defendant General Information
• Select your age (18–29 years, 30–39 years, ≥40 years) • Gender (male, female, I'd rather not say it) • Level of education (high school, university or college, graduate) • Driving frequency (I don't drive, up to 1 day a week, 2 to 4 days a week, more than 4 days a week) • Level of knowledge about autonomous vehicles (Very little, little, neutral, much, expert) • If you were in a fully autonomous driving vehicle, what would you spend the extra time on instead of driving? (Work, read, watch movies or series, rest, exercise, relax and meditate, send messages (email, chat), monitor the road even if its interaction with the autonomous vehicle is not necessary, I would not get into a fully autonomous vehicle)
Section 2: Previous perception of autonomous vehicles
• What's your take on autonomous vehicles? (very negative, negative, neutral, positive, very positive) • Can autonomous cars improve the level of safety compared to human-driven vehicles? (Strongly disagree, disagree, neutral, agree, strongly agree) • What is your level of concern about traveling in autonomous vehicles? (Not worried at all, little worried, neutral, worried, extremely worried)

-
- What is your level of interest in buying an autonomous vehicle? (Not at all interested, not very interested, neutral, somewhat interested, very interested)
-
- Autonomous vehicles allow:
 1. Improve road safety (strongly disagree, disagree, neutral, agree, strongly agree)
 2. Reduce traffic accidents and traffic congestion (strongly disagree, disagree, neutral, agree, strongly agree)
 3. Improve the mobility of the elderly, disabled, etc. (Strongly disagree, disagree, neutral, agree, strongly agree)
 4. Increase efficiency and fuel economy (strongly disagree, disagree, neutral, agree, strongly agree)
 5. Productivity and time savings by not "wasting time" driving (Strongly disagree, disagree, neutral, agree, strongly agree)
 6. Improve traffic management as vehicles communicate with each other and with infrastructure (strongly disagree, disagree, neutral, agree, strongly agree)
 7. Optimization of parking, as passengers stay and the vehicle continues (Strongly disagree, disagree, neutral, agree, strongly agree)
-
- Autonomous vehicles concern me about:
 - Road safety (Not at all worried, little worried, neutral, worried, extremely concerned)
 - Technological limitations of cameras, sensors, algorithms (Not worried at all, little worried, neutral, worried, extremely worried)
 - High implementation costs (not worried, little worried, neutral, worried, extremely worried)
 - Legal and regulatory challenges (Not worried at all, not worried, neutral, worried, extremely worried)
 - Commuting work, for example, taxi drivers will no longer be needed (Not worried at all, little worried, neutral, worried, extremely worried)
 - Security and privacy risk as vehicles collect and process information from their owners' employers (Not worried at all, not worried, neutral, worried, extremely concerned)
 - Ethical considerations, such as dilemmas between deciding the safety of pedestrians or vehicle occupants in the event of an accident (Not worried at all, not worried, neutral, worried, extremely worried)
-

Section 3: Positive and negative information on autonomous vehicles

- Autonomous Parking – Prius Hybrid – 2003. Toyota launched the Prius Hybrid in 2003, which included autonomous parking technology. Parallel parking assist sensors worked incredibly well for the time. Other manufacturers, such as Lexus and BMW, followed suit and released modified versions of this technology in 2003 and 2009, respectively.
 - Autopilot – Tesla – 2015. Tesla introduced the Autopilot feature in 2015, which used cameras, radar, sonar technology and incorporated traffic data. Other features included monitoring stop signs, traffic signals, other vehicles, pedestrians, road lanes, etc.
 - Fatal accident – Tesla, USA, July 2016. This marked the first fatal autonomous vehicle (AV) accident. The car's sensor system could not distinguish a wheeled truck when the car tried to drive under it at full speed.
 - Fatal accident – Tesla, China, January 2016. Tesla initially reported that the damage made it impossible to determine whether the Autopilot system was on or not. However, in 2018, Tesla confirmed that the Autopilot system was indeed engaged. The car was in the left lane before turning and colliding with a truck.
 - Non-fatal injuries – Tesla, Russia, July 2019. The passengers suffered minor injuries, but the car exploded after the accident. The driver had activated the driver assistance function (not Autopilot), and his hands were on the wheel when the car veered into a truck in the left lane. The driver stated that he did not see the truck that collided with them.
 - Autonomous Private Taxi – Waymo – Google – 2023. Waymo One is the world's first autonomous travel service, launched in 2023. It offers on-demand private shuttle service, shuttling travelers daily from the Phoenix and San Francisco metropolitan areas. It helps them get to their destinations, whether it's a grocery store, their workplace, or a date night.
-

Section 4: After the perception of autonomous vehicles

- Same questions and options as section 2
-

2.3. Data collection

Data collection was conducted between June and July 2023. UTPL civil engineering students collected the surveys. They were the first to respond to the survey and then received instructions on how to use Survey123 and understand the questions and answer options. Students were tasked with collecting data from at least five additional students, such as the snowball technique. As a measure of information quality control, the app recorded the date, time, location and photographs of respondents.

2.4. Data processing

First, we analyzed the database and removed all surveys with invalid information or inconsistent responses. Responses were rated on a Likert scale, with 1 assigned to the most unfavorable answer option (e.g., "Not at all concerned," "Strongly disagree") and 5 assigned to the most favorable answer option (e.g., "Very positive," "Very interested"). This score allowed the calculation of mean values and the evaluation of variations in responses before and after analyzing six AVs events. To measure the effect on public opinion, he calculated the average values or the relative importance index (RII) for each factor tested. The RII is determined using equation 1:

$$RII_{n=} \frac{\sum_{i=1}^5 iX_i}{n}$$

Where: RII_n is the relative importance index for a specific question n; i is the rating given to each factor (in this case, 1 to 5); X_i is the number of respondents who give a grade i for that specific question n; and n is the number of respondents.

Changes in public perception before or after showing positive and negative information about autonomous vehicles were assessed using equation 1. The differences between the demographic and driving frequency variables were analyzed using graphs and statistical values.

3. Results

The results section presents the findings and analyses derived from the collected data. It begins with an exploration of respondent demographics, providing an overview of the characteristics of the participants involved in the study. After this, the section delves into the overall results, highlighting key observations and trends that emerged from the survey responses. In addition, the section examines possible gender differences in perception and attitudes towards AVs. Finally, the section investigates any disparities that may exist based on driving frequency, shedding light on how often people drive and how it relates to their perceptions of AVs.

3.1. Demographic data of respondents

For this study, 518 responses were collected (see <https://arcg.is/eO1ur>), exceeding the required sample size of 381 for the chosen level of confidence and error. This sample size reduced the error to 4.28%. The demographic variables of the participants are presented in Table 3. The distribution between men and women was about 50%. The dominant age group was 18 to 29 years, which corresponds with the typical age range to start college studies (around 18 years) and complete a degree within 3 to 5 years. Similarly, a significant proportion of students had a high school or university/college level, which is also consistent with their age. As for driving frequency, most participants do not drive because most of them are students who cannot afford their own vehicles.

Table 3. Summary of respondent demographics.

Demography		Percentage (%)
Gender	Male	53.86
	Female	45.75
	I'd rather not say	0.39
Age	18–29 years	97.10
	30–39 years	2.89
	≥40 years	0.77
Education	High school	37.84
	University or college	59.46
	Postgraduate	2.70
Driving frequency	I don't drive	41.89
	Up to 1 day per week	19.31
	Between 2 and 4 days a week	17.76
	More than 4 days a week	21.04

To assess the level of knowledge among the participants, the relative importance index of their answers was calculated. Respondents rated their knowledge 2.51 out of 5, with 1 indicating very little knowledge and 5 indicating expert-level knowledge. This suggests that their knowledge falls into the category of low knowledge on the subject. This could be attributed to the fact that Ecuador is not currently involved in the development of this technology.

3.2. Overall results

Table 4 shows the general changes in public opinion among young people before and after positive and negative information about AVs. Opinion on AVs decreased slightly, as did opinion on road safety. However, there was an increase in the level of concern regarding AVs travel, as well as an increase in interest in purchasing such a vehicle.

Table 4. The general perception changes in public perception when evaluating the responses before and after presenting positive and negative information about

Question	Before ¹	After ¹	Percentage change in mean
What's your take on autonomous vehicles?	3.35	3.31	-1.19
Can autonomous cars improve the level of safety compared to human-driven vehicles?	3.33	3.23	-3.00
What is your level of concern about traveling in autonomous vehicles?	2.92	3.01	+3.08
What is your level of interest in buying an autonomous vehicle?	2.84	2.92	+2.82

autonomous vehicles (AVs).

¹ Before or after displaying positive and negative information about autonomous vehicles.

On the other hand, Figure 1 illustrates the perception of benefits measured before and after presenting positive and negative information about AVs. To analyze this figure, the answers to the questions were coded as follows: 1 = strongly disagree, 2 = disagree, 3 = neutral, 4 = agree, 5 = strongly agree. The figure represents variation, indicating changes in public perception for the same set of questions. Most benefits changed after showing positive or negative aspects of AVs, except for increased productivity and time savings. The highest reduction values were observed in terms of accidents and congestion, followed by improvements in mobility.

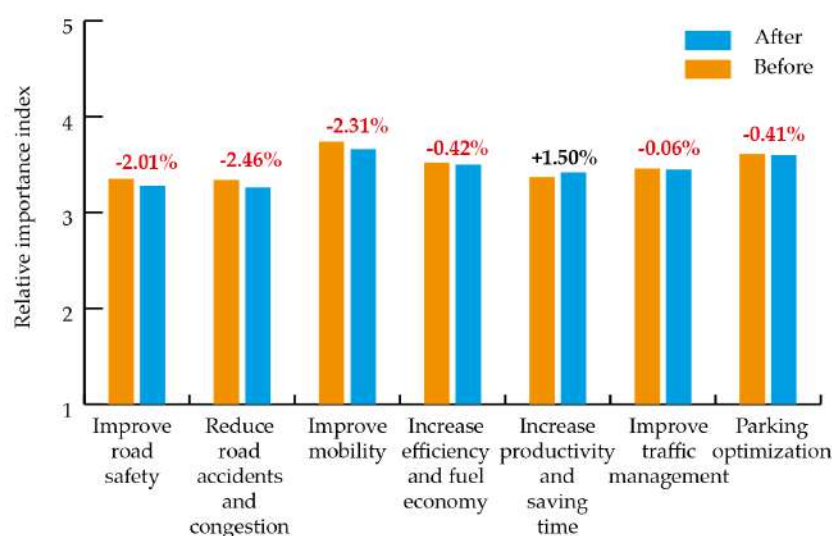


Figure 1. General changes in public perception regarding the various benefits of autonomous vehicles (AVs) (1 = strongly disagree, 2 = disagree, 3 = neutral, 4 = agree, 5 = strongly agree).

Regarding the perception of concerns related to various aspects of AVs, Figure 2 presents the results of the indices before and after presenting positive and negative information about AVs. The scale is as follows: 1 = not at all worried, 2 = little worried, 3 = neutral, 4 = worried, 5 = extremely worried. In addition, Figure 2 illustrates the variation, indicating changes in public perception for the same set of questions. Concerns about road safety and technological constraints and, to a lesser extent, job displacement and ethical considerations increased. Similarly, there was a decrease in concern about high AV costs, legal issues, and security and privacy risks.

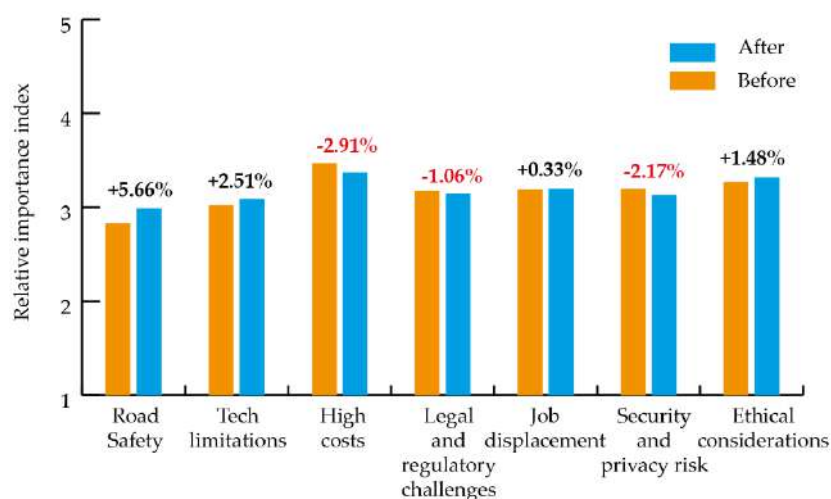


Figure 2. General changes in public perception regarding the various concerns of autonomous vehicles (AVs) (1 = not worried at all, 2 = little worried, 3 = neutral, 4 = worried, 5 = extremely concerned).

The result of the question, 'If you were in a fully autonomous driving vehicle, what would you spend the extra time on instead of driving?' is shown in Figure 3. In general, most respondents think they will continue to pay attention to the road, even if it is not necessary to maneuver the vehicle. They also mentioned activities such as working and resting. The least chosen activity was relaxing and meditating.

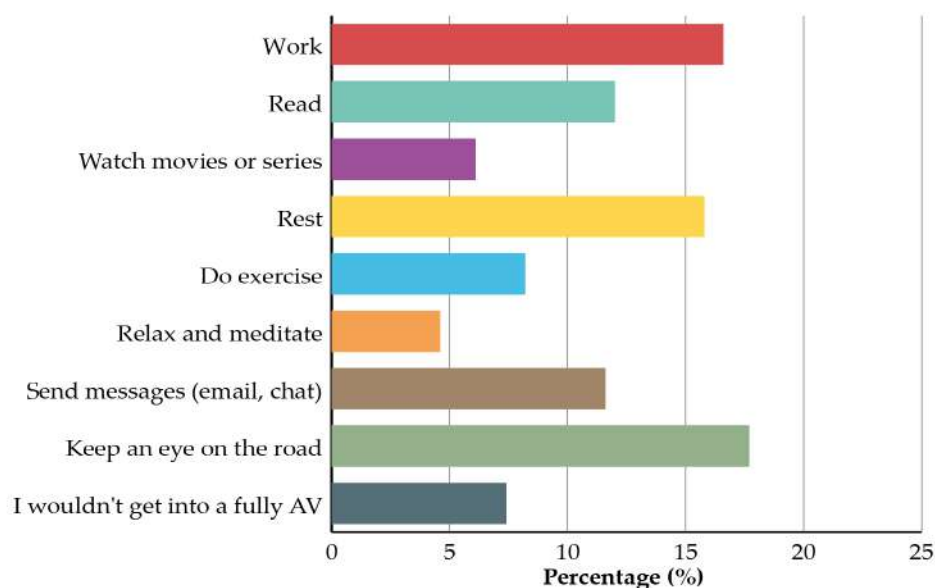


Figure 3. Overall percentage of respondents' responses regarding their actions in a fully autonomous vehicle (AVs).

Table 5 shows gender differences in public opinion among young people before and after presenting them with positive and negative information about AVs. Only 2 respondents preferred not to disclose their gender, so the analysis was conducted between men and women. Even though both sexes (male, female) showed similar trends in their before and after responses, women showed greater reductions in their opinions and confidence levels compared to men. Similarly, women expressed a greater increase in concerns compared to men. Finally, men expressed a stronger desire to acquire AVs compared to women, who, although their desire also increased, was only slightly.

Table 5. Gender perception changes in public perception by evaluating responses before and after presenting positive and negative information about autonomous vehicles (AVs).

Question	Men			Women		
	Before ¹	After ¹	% change	Before ¹	After ¹	% change
What's your take on autonomous vehicles?	3.35	3.33	-0.92	3.39	3.29	-2.89
Can autonomous cars improve the level of safety compared to human-driven vehicles?	3.29	3.26	-0.94	3.42	3.19	-6.69
What is your level of concern about traveling in autonomous vehicles?	2.96	3.02	+1.96	2.86	3.00	+4.74
What is your level of interest in buying an autonomous vehicle?	2.76	2.89	+4.47	2.97	2.98	+0.31

* Before or after displaying positive and negative information about autonomous vehicles (AVs).

Figure 4 illustrates the perception of benefits measured before and after presenting positive and negative AVs information for the genders analyzed. There is a reduction in the perception of both genders regarding traffic accidents, congestion and improved mobility. However, the reduction in perception is greater among women than men when it comes to reducing traffic accidents and congestion. In other benefits, genders have opposite perceptions after receiving information about AVs. This trend is interesting, especially when you consider the introduction of AVs into the market. Despite the results of this study, the details need to be explored further in further studies. Regarding extreme values, women experience a greater reduction (−4.76%) in their initial perception that AVs improves road safety and reduces road accidents and congestion (−4.37%). On the other hand, men show an average increase in perception index (+3.52%) in relation to the fact that AVs increase productivity and save time.

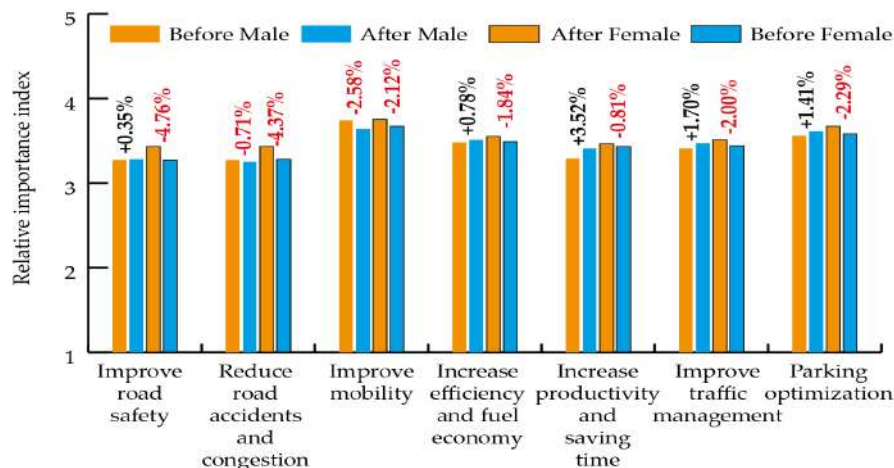


Figure 4. Gender perception shifts in public perception regarding the various benefits of autonomous vehicles (AVs) (1 = strongly disagree, 2 = disagree, 3 = neutral, 4 = agree, 5 = strongly agree).

Regarding the perception of concerns related to various aspects of AVs, Figure 5 presents the results of the indices before and after presenting positive and negative information on autonomous vehicles for the genders analyzed. Concerns that showed the same trend across all genders (men and women) were road safety, high implementation costs, and legal and regulatory challenges. However, other concerns showed opposite trends. As for the greater variations, women, in general, experienced greater increases or decreases in perception compared to men. For example, women increased their perception of road safety (+10.15%), technological constraints (+6.06%), ethical considerations (+4.59%) and high implementation costs (−3.81%). On the other hand, men reduced their perception of security and privacy risks (−3.85%), while the remaining variations were lower than these values.

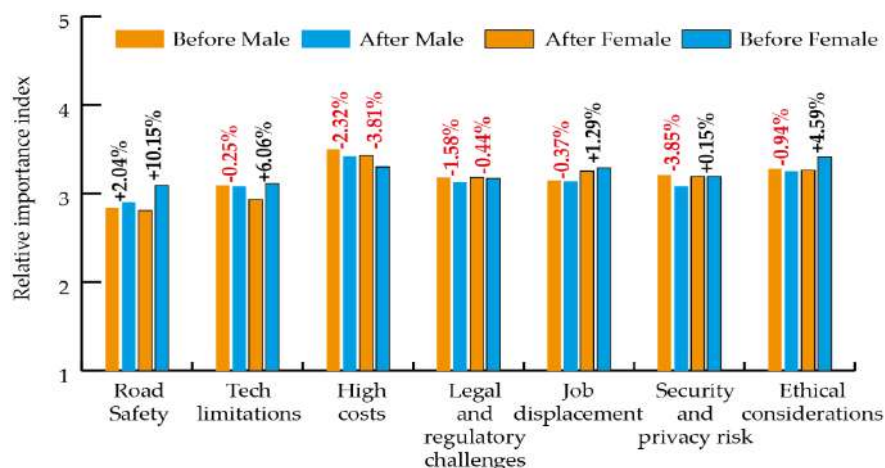


Figure 5. Gender perception shifts in public perception regarding the various concerns of autonomous vehicles (AVs) (1 = not worried at all, 2 = little worried, 3 = neutral, 4 = worried, 5 = extremely worried).

The result of the question, 'If you were in a fully autonomous driving vehicle, what would you spend the extra time on instead of driving?' is shown in Figure 6. First, both genders (male and female) provided more responses related to observing walking, work, and rest. There are also variations in the answers to this question between genders. Men indicated a greater tendency to concentrate on the road compared to women. The same trend applies to work, where men mentioned it more often than women. Conversely, women expressed a greater inclination toward rest and exercise compared to men. Women indicated that they would not be completely dependent on AVs more than men. These differences can be observed when genera are analyzed separately, as opposed to studies where all data is analyzed unfiltered.

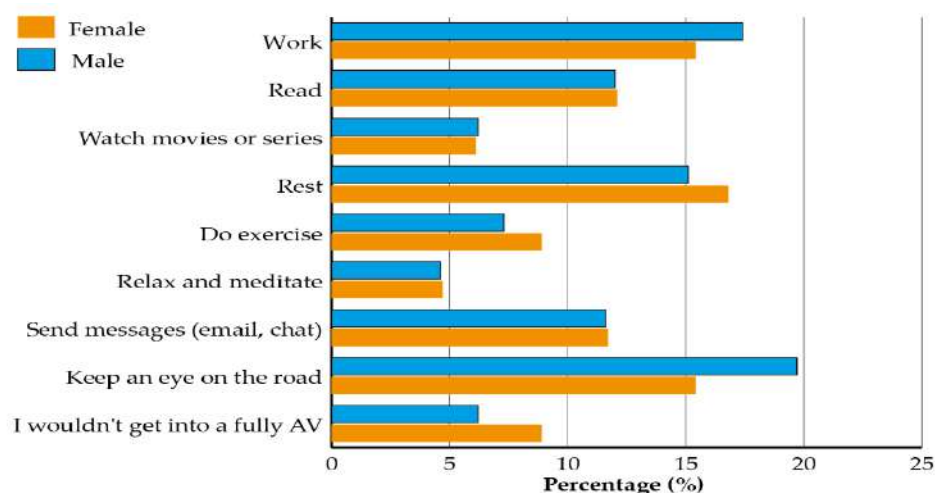


Figure 6. Percentage of responses from respondents (male and female) regarding their actions in a fully autonomous vehicle (AVs).

3.4. Differences between driving frequency

Table 6 shows the gender differences in public opinion among young people before and after presenting them with positive and negative information about AVs. Driving frequency influences the perception of responses. For example, people who don't drive experience a reduction in their opinion about road safety, while their concern index and interest in buying AVs increase. Those who drive at least once a week exhibit a similar trend, except for their opinion on AVs, which is opposite to those who don't drive. These drivers are people who possess a driver's license, but may not have as much freedom to drive. Occasional drivers (2–4 days per week) decrease their opinion of AVs and their interest in buying one, but their perception of road safety and level of concern increase. Finally, regular drivers (>4 days per week) show no significant variations in opinion, road safety or concern. The biggest increase is seen in their interest in buying AVs. Those who drive more often have and should have a different opinion compared to those who don't drive or do so less often.

Table 6. Driver perception changes in public perception by evaluating responses before and after presenting positive and negative information about autonomous vehicles (AVs).

Question	≤ 1 day			2–4 days			> 4 days			No unity		
	Bef.1	For pop. ₁	%	Bef.1	For pop. ₁	%	Bef.1	For pop. ₁	%	Bef.1	For pop. ₁	%
What's your take on autonomous vehicles?	3.32	3.40	+2.41	3.33	3.23	-3.00	3.36	3.36	0.0	3.36	3.28	-2.38
Can autonomous cars improve the level of safety	3.37	3.15	-6.53	3.27	3.34	+2.14	3.24	3.25	+0.31	3.39	3.20	-5.60

compared to human-driven vehicles?												
What is your level of concern about traveling in autonomous vehicles?	2.88	3.00	+4.17	2.93	3.12	+6.48	3.06	3.04	-0.65	2.86	2.95	+3.15
What is your level of interest in buying an autonomous vehicle?	2.83	2.94	+3.89	2.93	2.90	-1.02	2.72	2.91	+6.99	2.86	2.93	+2.45

* Before or after displaying positive and negative information about autonomous vehicles (AVs).

Figure 7 illustrates the perception of benefits measured before and after presenting positive and negative AVs information for the analysis of both sexes (male and female). Driving frequency influences the perception of responses. For example, people who don't drive experience a reduction in their opinion of improving road safety, while their rate of concern and interest in buying an AVs increases. Those who drive at least once a week exhibit a similar trend, except for their opinion on AVs, which is opposite to those who don't drive. These drivers are people who possess a driver's license, but may not have as much freedom to drive. Occasional drivers (2–4 days per week) decrease their opinion of AVs and their interest in buying one, but their perception of road safety and level of concern increase. Finally, regular drivers (>4 days per week) show no significant variations in opinion, road safety or concern. The biggest increase is seen in their interest in buying AVs. Those who drive more often have and should have a different opinion compared to those who don't drive or do so less often.

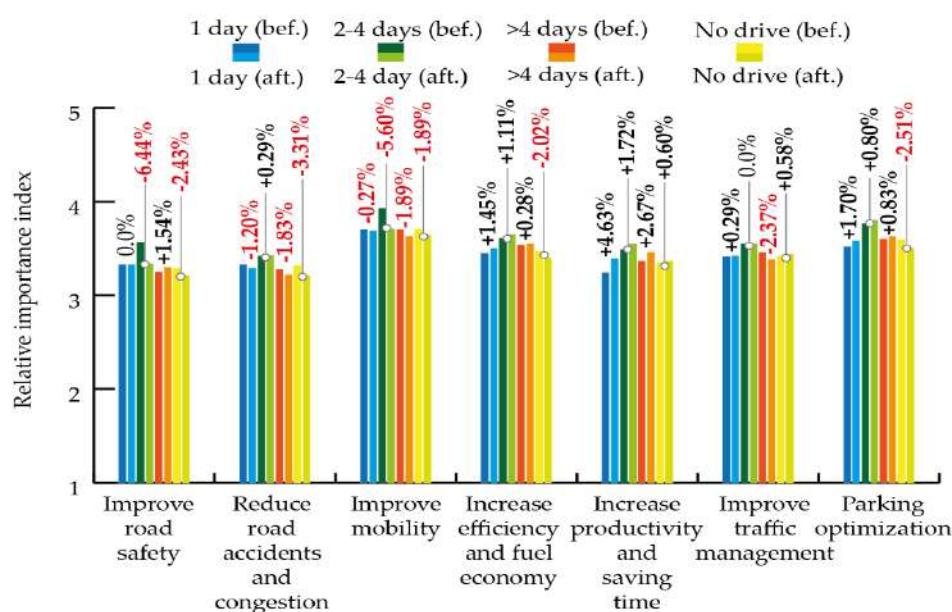


Figure 7. Driver perception changes in public perception regarding the various benefits of autonomous vehicles (AVs) (1 = strongly disagree, 2 = disagree, 3 = neutral, 4 = agree, 5 = strongly agree).

Regarding the perception of concerns related to various aspects of AVs, Figure 8 presents the results of the indices before and after presenting positive and negative information about AVs for the driving frequency analyzed. In this case, all respondents increased their perception of concerns about road safety and technological limitations. The remaining concerns showed high variability. Regarding the maximum values, occasional drivers (2–4 days) and non-drivers experienced positive variations of 6.29% and 8.63%, respectively, in terms of road safety. These high ratings were also recorded for ethical considerations among the same groups. Non-drivers also scored highly with +4.01% in terms of technological limitations. On the other hand, drivers

who drove only for one day and frequent drivers (> 4 days) experienced reductions in their perception by -5.04% and -4.93% respectively. In terms of safety and privacy risks, as well as ethical considerations, frequent drivers showed a decrease in their level of concern after being exposed to positive and negative information about autonomous vehicles. The remaining concerns showed no significant differences between groups. However, it is interesting to note that those who drive do not express concerns about job displacement, while those who do not drive do. A future study could focus on young relatives of taxi or bus drivers, to further contribute to this area of research.

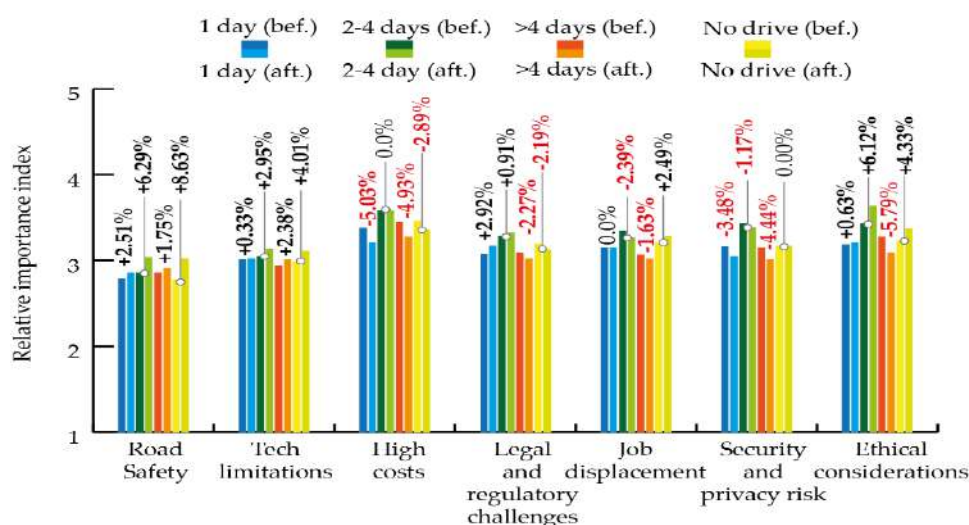


Figure 8. Driver perception changes in public perception regarding the various concerns of autonomous vehicles (AVs) (1 = not worried at all, 2 = little worried, 3 = neutral, 4 = worried, 5 = extremely worried).

The result of the question, 'If you were in a fully autonomous driving vehicle, what would you spend the extra time on instead of driving?' is shown in Figure 9. The most common responses among drivers who drive for up to a day include resting, looking at the road, and working. Occasional drivers (2-4 days) prioritize work, looking at the road, and reading during their driving time. Frequent drivers (> 4 days) concentrate on observing the road, working and resting. Finally, people who don't drive spend their time working, watching the road, and resting. It's important to note that even in fully autonomous vehicles, people would still monitor the vehicle's actions while driving.

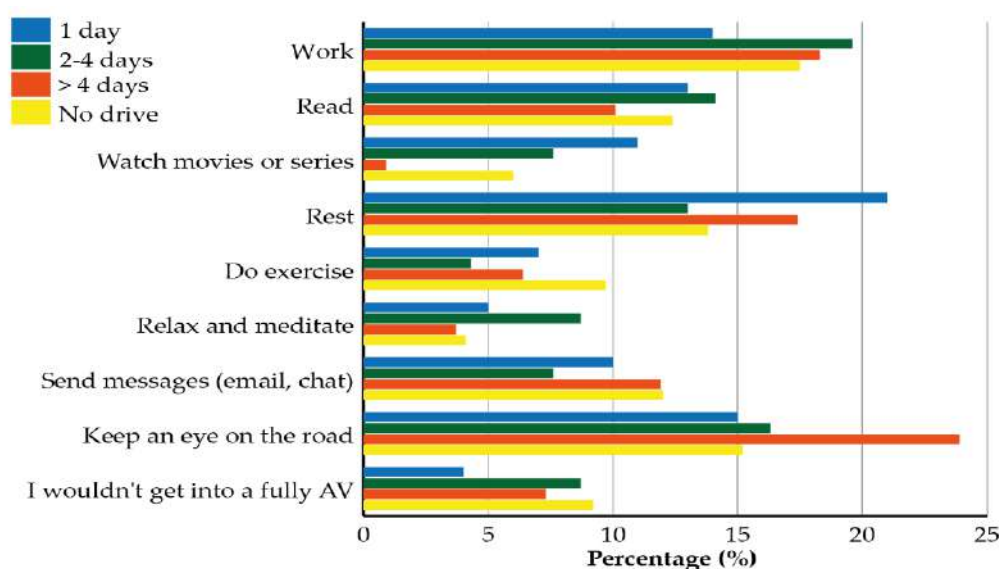


Figure 9. Percentage of respondents' responses (driving frequency) regarding their actions in a fully autonomous vehicle (AVs).

4. Discussion

This section focuses on understanding respondents' public opinion once they were shown positive and negative information. To this end, a survey questionnaire was developed and 518 complete responses were collected among young Ecuadorians. Generally, a change in perception occurs when people are presented with negative information, such as accidents involving AVs, while positive information, such as autonomous parking, causes the opposite effect. This can be observed in detail by measuring the relative importance index with respect to the perception of benefits and concerns.

In terms of perceived benefits, respondents went from positive to negative, except for increased productivity and time savings, which were perceived positively. In terms of perceptions of concerns, road safety, technological limitations, job displacement and ethical considerations showed a positive increase despite awareness of the negative aspects of AVs. These results can be compared with other studies in which negative perception increased as a result of the introduction of AVs accidents [36,37].

This variation can best be observed by segregating respondents by gender (men and women). Thus, it was identified that in terms of perception of benefits, women have a lower perception of benefits, particularly with regard to the reduction of traffic accidents and congestion and the improvement of mobility. On the other hand, men show a greater perception of benefits for other aspects. A similar trend is evident for perceived concerns, where both men and women show an increasing negative trend only due to high costs and legal and regulatory challenges. For all other concerns, women showed a greater negative increase compared to men. Previous studies have also reported gender differences, noting that men have higher positive attitudes toward AVs than women, despite their knowledge of accidents involving AVs [36, 37, 38].

For perception according to driving frequency, respondents exhibited different perceptions of benefits and concerns before and after being informed about AVs. The results suggest that people who drive more frequently, both before and after, have higher levels of interest in buying AVs compared to those who don't drive or drive less often. In terms of perception about potential problems, drivers did not demonstrate significant concerns before and after receiving information about AVs. However, non-drivers presented higher levels of concern compared to drivers. Driving frequency is a factor that should be considered because, similar to the trend of women showing less interest in AVs, the same is seen with non-drivers who also have a negative perception of AVs [41,42].

Finally, the results revealed that, overall, respondents indicated that they would still keep their eyes on the road even though AVs do not require a driver to operate them. This trend holds true when analyzing the results for men, women, drivers and non-drivers.

This study has several limitations that should be considered when interpreting the findings. First, the sample size was limited to one city in the southern region of Ecuador, which could restrict generalizability of the results to the entire country. In addition, focusing exclusively on young individuals who consume and enjoy technology may not capture the perspectives of other age groups with different concerns and attitudes. The survey design, while carefully crafted, could introduce bias into participants' responses due to the framework of the questions and the details of the autonomous vehicles presented. External factors, such as cultural and socio-economic data, which can influence perceptions, were not fully taken into account. In addition, the study's findings are based on data collected at a specific point in time, which might overlook the dynamic nature of public perceptions as technology continues to evolve. Finally, reliance on self-reported data introduces the possibility of recall bias, social desirability bias, and misinterpretation. These limitations emphasize the need for more research to build and validate the insights gained from this study. Working on these limitations could offer a fascinating continuation of this research.

Despite these limitations, this article offers several notable benefits. First, it fills a significant research gap by investigating the public perception of autonomous vehicles (AVs) specifically in Ecuador, a context where such studies are scarce. By focusing on young Ecuadorians, the article provides insight into a demographic that plays a crucial role in shaping future trends and technology adoption. The before-and-after approach used in the study adds a valuable dimension by examining how participants' perceptions changed after they were presented with positive and

negative characteristics of AVs development. In addition, identifying differences in gender-based perception and driving frequency contributes to a deeper understanding of possible variations in attitudes. The findings of this study can inform policymakers, researchers and stakeholders in Ecuador's transport sector, aiding in the formulation of strategies and decisions related to the integration of autonomous vehicles. In addition, by shedding light on public perceptions and concerns, the article contributes to fostering public acceptance and addressing reservations, ultimately facilitating the successful adoption of autonomous vehicles in Ecuador.

5. Conclusions

This study aimed to analyze the public opinion of young Ecuadorians towards AVs by presenting them with positive and negative information about the development of AVs. The study highlighted the potential benefits and concerns associated with AVs and identified differences in perception based on information participants received, gender disparities, and driving frequency. By exploring public attitudes towards AVs in Ecuador, this research contributes to a better understanding of the perceived advantages and concerns around its adoption and may even delay its implementation. The findings can inform policymakers and stakeholders in the transportation sector, helping them make informed decisions regarding the integration of AVs into the Ecuadorian transportation system. Therefore, it is important for companies developing these new technologies (AVs) to consider the concerns associated with the use of AVs. Future research should continue to address the limitations of this study and further explore the dynamics of public perception towards AVs in various contexts, especially with other age groups and in other parts of the country.

Supplementary materials: The following supporting information can be downloaded at: <https://arcg.is/eO1ur>.

Author's contributions: Conceptualization, J.O and Y.G.; data curation and formal analysis, Y.G.; research, J.O, Y.G and C.P.; Methodology, J.O and Y.G.; Supervision, J.O., Visualization, Y.G and C.P; Writing – original draft J.O and Y.G; Writing – proofreading and editing, J.O, Y.G and C.P.

Funding: This research did not receive external funding.

Informed consent statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data availability statement: This study analyzed publicly available datasets. This data can be found here: <https://arcg.is/eO1ur>.

Acknowledgements: The authors are grateful for the support of the Universidad Técnica Particular de Loja of the Republic of Ecuador.

Conflicts of interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

References

1. Seet, M.; Harvy, J.; Bose, R.; Dragomir, A.; Bezerianos, A.; Thakor, N. Differential Impact of Autonomous Vehicle Malfunctions on Human Trust. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* **2022**, *23*, 548–557, doi:10.1109/TITS.2020.3013278.
2. Ortega, J.; Lengyel, H.; Ortega, J. Design and Analysis of the Trajectory of an Overtaking Maneuver Performed by Autonomous Vehicles Operating with Advanced Driver-Assistance Systems (ADAS) and Driving on a Highway. *Electronics (Switzerland)* **2023**, *12*, doi:10.3390/electronics12010051.
3. Fagnant, D.J.; Kockelman, K. Preparing a Nation for Autonomous Vehicles: Opportunities, Barriers and Policy Recommendations. *Transp Res Part A Policy Pract* **2015**, *77*, 167–181, doi:10.1016/j.tra.2015.04.003.

4. Alam, Md.S.; Georgakis, P. The State of the Art of Cooperative and Connected Autonomous Vehicles from the Future Mobility Management Perspective: A Systematic Review. *Future Transportation* **2022**, *2*, 589–604, doi:10.3390/futuretransp2030032.
5. Kan, S.; Lyu, W.; Zhao, S. Evaluation of the Environmental Effect of Automated Vehicles Based on IVIULWG Operator Development. *Sustainability (Switzerland)* **2022**, *14*, doi:10.3390/su14159669.
6. Park, J.E.; Byun, W.; Kim, Y.; Ahn, H.; Shin, D.K. The Impact of Automated Vehicles on Traffic Flow and Road Capacity on Urban Road Networks. *J Adv Transp* **2021**, *2021*, doi:10.1155/2021/8404951.
7. Sohrabi, S.; Khreis, H.; Lord, D. Impacts of Autonomous Vehicles on Public Health: A Conceptual Model and Policy Recommendations. *Sustain Cities Soc* **2020**, *63*, doi:10.1016/j.scs.2020.102457.
8. Ortega, J.; Moslem, S.; Esztergar-Kiss, D. An Integrated Approach of the AHP and Spherical Fuzzy Sets for Analyzing a Park-and-Ride Facility Location Problem Example by Heterogeneous Experts. *IEEE Access* **2023**, *11*, 55316–55325, doi:10.1109/ACCESS.2023.3281865.
9. Ilkova, V.; Ilka, A. Legal Aspects of Autonomous Vehicles — An Overview. In Proceedings of the 2017 21st International Conference on Process Control (PC); IEEE, June 2017; pp. 428–433.
10. Alawadhi, M.; Almazrouie, J.; Kamil, M.; Khalil, K.A. Review and Analysis of the Importance of Autonomous Vehicles Liability: A Systematic Literature Review. *International Journal of System Assurance Engineering and Management* **2020**, *11*, 1227–1249, doi:10.1007/s13198-020-00978-9.
11. Parkinson, S.; Ward, P.; Wilson, K.; Miller, J. Cyber Threats Facing Autonomous and Connected Vehicles: Future Challenges. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* **2017**, *18*, 2898–2915, doi:10.1109/TITS.2017.2665968.
12. Kumar, A.D.; Chebrolu, K.N.R.; R, V.; KP, S. A Brief Survey on Autonomous Vehicle Possible Attacks, Exploits and Vulnerabilities. **2018**.
13. Khan, J. Vehicle Network Security Testing. In Proceedings of the 2017 Third International Conference on Sensing, Signal Processing and Security (ICSSS); IEEE, May 2017; pp. 119–123.
14. Yuen, K.F.; Wong, Y.D.; Ma, F.; Wang, X. The Determinants of Public Acceptance of Autonomous Vehicles: An Innovation Diffusion Perspective. *J Clean Prod* **2020**, *270*, doi:10.1016/j.jclepro.2020.121904.
15. Kumar, M.; Bharadwaj, A. Psychology of Innovation: Innovating Human Psychology? In *Technological and Institutional Innovations for Marginalized Smallholders in Agricultural Development*; Springer International Publishing: Cham, 2016; pp. 65–80.
16. Ahangar, M.N.; Ahmed, Q.Z.; Khan, F.A.; Hafeez, M. A Survey of Autonomous Vehicles: Enabling Communication Technologies and Challenges. *Sensors (Switzerland)* **2021**, *21*, 1–33, doi:10.3390/s21030706.
17. Ortega, J.; Moslem, S.; Tóth, J.; Ortega, M. A Two-Phase Decision Making Based on the Grey Analytic Hierarchy Process for Evaluating the Issue of Park-and-Ride Facility Location. *Journal of Urban Mobility* **2023**, *3*, 100050, doi:10.1016/j.urbmob.2023.100050.
18. Story, V.; O'Malley, L.; Hart, S. Roles, Role Performance, and Radical Innovation Competences. *Industrial Marketing Management* **2011**, *40*, 952–966, doi:10.1016/j.indmarman.2011.06.025.
19. Ortega, J.; Rizopoulos, D.; Tóth, J.; Péter, T. Land Use as a Criterion for the Selection of the Trip Starting Locations of Park and Ride Mode Travelers. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering* **2022**, *50*, 88–100, doi:10.3311/PPtr.16383.
20. Kumar, M.; Bharadwaj, A. Psychology of Innovation: Innovating Human Psychology? In *Technological and Institutional Innovations for Marginalized Smallholders in Agricultural Development*; Springer International Publishing: Cham, 2016; pp. 65–80.
21. Abraham, H.; Lee, C.; Brady, S.; Fitzgerald, C.; Mehler, B.; Reimer, B.; Coughlin, J.F. Autonomous Vehicles, Trust, and Driving Alternatives: A Survey of Consumer Preferences. *Massachusetts Inst. Technol, AgeLab, Cambridge* **2016**, 1–16.

22. Robertson, R.D.; Woods-Fry, H.; Vanlaar, W.G.M.; Mainegra Hing, M. Automated Vehicles and Older Drivers in Canada. *J Safety Res* **2019**, *70*, 193–199, doi:10.1016/j.jsr.2019.07.003.
23. Payre, W.; Cestac, J.; Delhomme, P. Intention to Use a Fully Automated Car: Attitudes and a Priori Acceptability. *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav* **2014**, *27*, 252–263, doi:10.1016/j.trf.2014.04.009.
24. Choi, J.K.; Ji, Y.G. Investigating the Importance of Trust on Adopting an Autonomous Vehicle. *Int J Hum Comput Interact* **2015**, *31*, 692–702, doi:10.1080/10447318.2015.1070549.
25. Zhang, T.; Tao, D.; Qu, X.; Zhang, X.; Zeng, J.; Zhu, H.; Zhu, H. Automated Vehicle Acceptance in China: Social Influence and Initial Trust Are Key Determinants. *Transp Res Part C Emerg Technol* **2020**, *112*, 220–233, doi:10.1016/j.trc.2020.01.027.
26. Liljamo, T.; Liimatainen, H.; Pöllänen, M. Attitudes and Concerns on Automated Vehicles. *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav* **2018**, *59*, 24–44, doi:10.1016/j.trf.2018.08.010.
27. Bansal, P.; Kockelman, K.M.; Singh, A. Assessing Public Opinions of and Interest in New Vehicle Technologies: An Austin Perspective. *Transp Res Part C Emerg Technol* **2016**, *67*, 1–14, doi:10.1016/j.trc.2016.01.019.
28. Kyriakidis, M.; Happee, R.; De Winter, J.C.F. Public Opinion on Automated Driving: Results of an International Questionnaire among 5000 Respondents. *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav* **2015**, *32*, 127–140, doi:10.1016/j.trf.2015.04.014.
29. Sener, I.N.; Zmud, J.; Williams, T. Measures of Baseline Intent to Use Automated Vehicles: A Case Study of Texas Cities. *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav* **2019**, *62*, 66–77, doi:10.1016/j.trf.2018.12.014.
30. Wintersberger, S.; Azmat, M.; Kummer, S. Are We Ready to Ride Autonomous Vehicles? A Pilot Study on Austrian Consumers' Perspective. *Logistics* **2019**, *3*, doi:10.3390/logistics3040020.
31. Stoiber, T.; Schubert, I.; Hoerler, R.; Burger, P. Will Consumers Prefer Shared and Pooled-Use Autonomous Vehicles? A Stated Choice Experiment with Swiss Households. *Transp Res D Transp Environ* **2019**, *71*, 265–282, doi:10.1016/j.trd.2018.12.019.
32. Krueger, R.; Rashidi, T.H.; Rose, J.M. Preferences for Shared Autonomous Vehicles. *Transp Res Part C Emerg Technol* **2016**, *69*, 343–355, doi:10.1016/j.trc.2016.06.015.
33. Hulse, L.M.; Xie, H.; Galea, E.R. Perceptions of Autonomous Vehicles: Relationships with Road Users, Risk, Gender and Age. *Saf Sci* **2018**, *102*, 1–13, doi:10.1016/j.ssci.2017.10.001.
34. INEC Censo de Población y Vivienda En El Ecuador. Fascículo Provincial Loja Available online: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manulateral/>.
35. ArcGIS Survey123 for ArcGIS | Crear Encuestas y Formularios Inteligentes Para La Captura de Datos Available online: <https://www.esri.com/es-es/arcgis/products/survey123/overview> (accessed on 15 June 2020).
36. Hohenberger, C.; Spörrle, M.; Welp, I.M. How and Why Do Men and Women Differ in Their Willingness to Use Automated Cars? The Influence of Emotions across Different Age Groups. *Transp Res Part A Policy Pract* **2016**, *94*, 374–385, doi:10.1016/j.tra.2016.09.022.
37. König, M.; Neumayr, L. Users' Resistance towards Radical Innovations: The Case of the Self-Driving Car. *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav* **2017**, *44*, 42–52, doi:10.1016/j.trf.2016.10.013.
38. Penmetsa, P.; Sheinidashtegol, P.; Musaev, A.; Adanu, E.K.; Hudnall, M. Effects of the Autonomous Vehicle Crashes on Public Perception of the Technology. *IATSS Research* **2021**, *45*, 485–492, doi:10.1016/j.iatssr.2021.04.003.
39. Othman, K. Impact of Accidents Involving Autonomous Vehicles on the Perceived Benefits and Concerns.; June 2023.
40. Othman, K. Public Attitude towards Autonomous Vehicles before and after Crashes: A Detailed Analysis Based on the Demographic Characteristics. *Cogent Eng* **2023**, *10*, doi:10.1080/23311916.2022.2156063.

41. Qu, W.; Xu, J.; Ge, Y.; Sun, X.; Zhang, K. Development and Validation of a Questionnaire to Assess Public Receptivity toward Autonomous Vehicles and Its Relation with the Traffic Safety Climate in China. *Accid Anal Prev* **2019**, *128*, 78–86, doi:10.1016/j.aap.2019.04.006.
42. Zhou, F.; Zheng, Z.; Whitehead, J.; Washington, S.; Perrons, R.K.; Page, L. Preference Heterogeneity in Mode Choice for Car-Sharing and Shared Automated Vehicles. *Transp Res Part A Policy Pract* **2020**, *132*, 633–650, doi:10.1016/j.tra.2019.12.004.



© 2023 by the authors. Submitted for possible publication in open access under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Comercio Ilícito de fauna en Sucumbíos: Un Desafío para la Conservación de la Vida Silvestre

Demmy Mora-Silva ¹,   Estefanía Segarra-Jiménez ¹,  Leonardo Medina-Ñuste ¹, 

¹ Grupo de Investigación YASUNI-SDC, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, Riobamba EC-220001, Ecuador

 Correspondencia: demmy.mora@epoch.edu.ec  + 593 99 3411 977

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj062081>

Resumen: El tráfico de vida silvestre ha estado presente desde mucho tiempo, pero se ha incrementado debido al COVID-19. En el Ecuador, la provincia de Sucumbíos está conformada por siete cantones, de los cuales Shushufindi, Putumayo y Cuyabeno son los puntos críticos para el tráfico. Los objetivos de este estudio fueron: i) Analizar la situación histórica; ii) Comprender la situación actual; iii) Establecer desafíos respecto al tráfico de vida silvestre en la provincia. Para la elaboración de la presente investigación se utilizaron diferentes metodologías, incluyendo revisión bibliográfica, literatura gris, entrevistas de campo y la técnica denominado juicio de expertos. Los principales resultados indican que las especies más amenazadas por el tráfico de vida silvestre son los reptiles, ya que su carne es consumida tanto por indígenas como por colonos. Además, el impacto más significativo que causa el tráfico ilegal, es la pérdida de especies y la degradación del hábitat. Finalmente, el estudio concluye que la falta de voluntad política hace que no se tenga resultados favorables en cuanto a la disminución del tráfico de vida silvestre en la provincia.

Palabras claves: Caza; decomisos; desafíos; política; Sucumbíos; vida silvestre.

Illegal Trade in Sucumbíos: A Challenge for Wildlife Conservation

Abstract: Wildlife trafficking has been present for a long time, but has increased due to COVID-19. In Ecuador, the province of Sucumbíos is made up of seven cantons, of which Shushufindi, Putumayo and Cuyabeno are the critical points for trafficking. The objectives of this study were: i) Analyze the historical situation; ii) Understand the current situation; iii) Establish challenges regarding wildlife trafficking in the province. Different methodologies were used to prepare this research, including literature review, gray literature, field interviews and the expert judgment technique. The main results indicate that the species most threatened by wildlife trafficking are reptiles, since their meat is consumed by both indigenous people and settlers. In addition, the most significant impact caused by illegal trafficking is the loss of species and habitat degradation. Finally, the study concludes that the lack of political will means that there are no favorable results in terms of reducing wildlife trafficking in the province.

Keywords: Hunting; seizures; challenges; policy; Sucumbíos; wildlife.



Cita: Mora-Silva, D., & Segarra-Jiménez, E. (2023). Comercio Ilícito de fauna en Sucumbíos: Un Desafío para la Conservación de la Vida Silvestre. Green World Journal, 6(2), 81. <https://doi.org/10.53313/gwj062081>

Received: 13/May/2023

Accepted: 25/Jul/2023

Published: 02/Ago/2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.
Creative Commons Attribution (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

1. Introducción

La biodiversidad agrupa toda la vida que existe en el planeta tierra [1]. Se caracteriza por presentar inter e intra-relaciones en los diversos ecosistemas, producto de estas relaciones se generan servicios ecosistémicos que son aprovechados por la humanidad [2,3]. A pesar de los múltiples estudios para explorar la biodiversidad del planeta, es aún desconocida una idea precisa de su riqueza y abundancia[4]. Actualmente, la tasa de disminución de la biodiversidad es más rápida que en el pasado [5,6] .Acercándose así a una potencial sexta gran extinción de especies[7]; que sería causada por cinco amenazas que son: la sobreexplotación de especies, introducción de especies invasoras, contaminación, cambio climático y destrucción de hábitat [8]

El tráfico ilegal de especies es la actividad que consiste en comercializar ilegalmente la flora y fauna silvestre [9]. Actualmente, es un problema de conservación generalizado que tiene un impacto negativo en la viabilidad poblacional de las especies alrededor del mundo [10,11]. Las principales motivaciones se centran en el consumo de carne con fines afrodisíacos o medicinales y su uso como mascotas [11–14] .Lamentablemente, es una actividad que se ha expandido rápidamente por todo el mundo y amenaza con la extinción a un gran número de especies[15]. Ante esto, se han creado organismos de vigilancia y control como la Convención de las Naciones Unidas sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), que actualmente cuenta con 170 estados miembros [16]

El tráfico de especies ocurre en todo el mundo; sobre todo en países pobres, que generalmente presentan una gran biodiversidad [4]. Estos países sirven como fuentes de suministro o áreas de transbordo y centros de tráfico de vida silvestre [17,18]. En la actualidad esta actividad es de gran preocupación para el medio ambiente y a nivel económico; ya que factores como la corrupción siguen aprovechando los recursos biológicos de los países más pobres [19]. Los estudios para conocer el alcance del tráfico de especies han sido incipientes, pero han servido para identificar que esta actividad genera entre siete y 23 mil millones de dólares anuales [20,21]. Países como Estados Unidos y Ecuador se encuentran inmerso en esta realidad; el primero comprando y el segundo siendo el proveedor [22].

Desde 1998, Ecuador se encuentra entre los 17 países "megadiversos", con solo el 0,06 % de la superficie terrestre del mundo, pero alberga alrededor del 16 % de las aves del mundo, el 8 % de anfibios, el 5 % de los reptiles y el 8 % de mamíferos [23,24]. Esta característica ha incentivado a las comunidades rurales e indígenas a la práctica de esta actividad, iniciando el comercio en mercados locales clandestinos, para finalmente llegar al comercio internacional [10,11]. La falta de recursos económicos y una pobreza extrema han causado que los pobladores locales vean en el tráfico de especies una opción para generar ingresos que permitan mejorar su calidad de vida [25–27].

En la provincia de Sucumbíos la realidad respecto del tráfico ilegal de especies no ha sido distinta a la de otras zonas con una alta biodiversidad. Sobre todo, teniendo en cuenta sus características y ecosistemas selváticos. Los estudios realizados en esta zona para comprender la realidad sobre el tráfico de vida silvestre de forma ilegal han sido mínimos. En este contexto se consideró importante ahondar en el tema, planteando los siguientes objetivos: identificar la situación histórica y actual del tráfico de vida silvestre en la provincia de Sucumbíos, finalmente, establecer desafíos de mejora que permitan resolver esta problemática.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la provincia de Sucumbíos, perteneciente a la región amazónica del Ecuador. Esta provincia limita al norte con Colombia, al sur con las provincias de Napo y Orellana, al este con Perú y al oeste con las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha. Sus coordenadas geográficas referenciales son (0°6'0" N y 76°52'0"). Sucumbíos está dividido en siete cantones (Cascales, Cuyabeno, Gonzalo Pizarro, Lago Agrio, Putumayo, Shushufindi y

Sucumbíos), que a su vez están conformados por parroquias urbanas y rurales [28]. Además, presenta una extensión de 18, 612 Km². El clima de la provincia es tropical húmedo, muy caluroso, con una temperatura promedio de 28 °C y su altitud varía desde los 100 hasta los 2097 m.s.n.m [28,29].

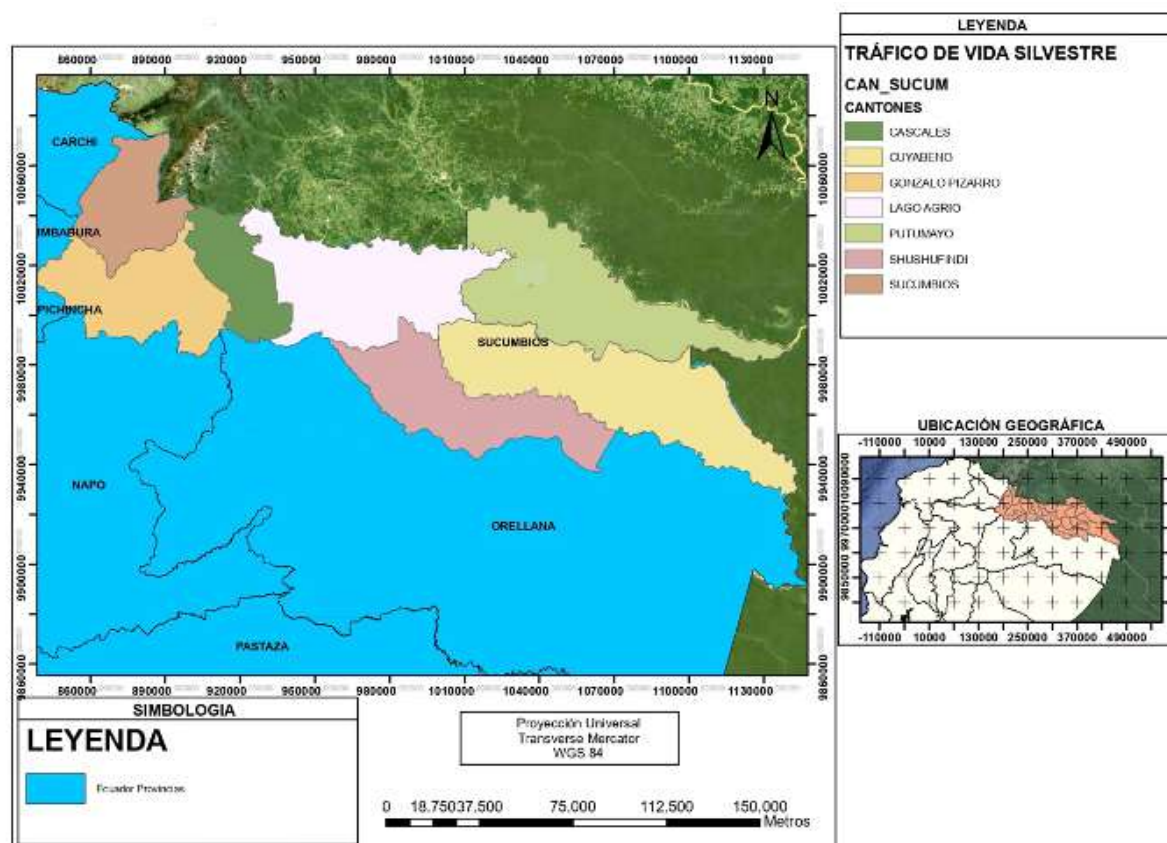


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio

2.2 Situación Histórica

En respuesta a la situación histórica del tráfico de vida silvestre en la provincia de Sucumbíos, se realizó una revisión bibliográfica. El enfoque metodológico de esta primera parte se basa en la búsqueda de información de publicaciones científicas, correspondientes a los últimos diez años (2012–2022) en bases de datos de alto impacto como Science Direct (<https://www-science-direct-com.us.debiblio.com/>) y Web of Science (clarivate.com/products/web-of-science); adicionalmente, la búsqueda se complementó en bases de datos regionales como Scielo (<https://scielo.org/es/>) y Redalyc (<https://www.redalyc.org/>). Para ello se aplicó palabras claves de búsqueda para filtrar los resultados (Tráfico + Silvestre + Sucumbíos+ Ecuador), en los campos (título, palabras claves y resumen). Con esto, se identificaron aquellos documentos que cumplieron con los criterios de los objetivos y se descartaron los estudios considerados irrelevantes. Asimismo, durante la investigación se aplicaron filtros para determinar el año de publicación, con respecto a la situación política, socioeconómica y ambiental. Finalmente, se complementó con bibliografía gris, como el Código Orgánico del Ambiente (COA) y el Código Orgánico Integral Penal (COIP).

2.3 Situación Actual

Para describir la situación actual del tráfico de vida silvestre, se realizaron entrevistas semi estructuradas. Esta técnica fue aplicada a actores claves como ex comerciantes, consumidores de vida silvestre y funcionarios públicos del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) y agentes de la Unidad de Protección Ambiental de la Policía Nacional (UPMA) de la Provincia de Sucumbíos. Se realizaron entrevistas directas que tuvieron una duración aproximada de 30 a 60 minutos. La fortaleza de la herramienta utilizada radica en su capacidad para revelar factores políticos, socioeconómicos y ambientales.

2.3 Desafíos

Después de conocer la situación histórica y actual del tráfico de vida silvestre en la provincia de Sucumbíos, se utilizó una técnica denominada juicio de expertos. Esta técnica consiste en crear una mesa redonda con expertos en el tema de la investigación para conocer las perspectivas de la problemática planteada en la presente investigación. Adicionalmente, se plantearon preguntas mediante un análisis FODA dirigidas a los actores expertos, para establecer recomendaciones de mejoras. Se establecieron preguntas que permitieron identificar las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de la presente investigación (Tabla 1).

Tabla 1. Matriz FODA y listado de expertos

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
¿Cuáles son las ventajas? ¿Qué se hace bien?	¿Qué se podría hacer mejor?	¿Qué se hace mal? ¿Qué no debería ocurrir?	¿Por qué se incrementa el tráfico ilegal de especies? ¿Qué obstáculos se enfrentan el tráfico?
Expertos			
Cecilia Elizalde Tandazo	Investigadora en la zona de estudio		
Lizbeth Chamorro Solórzano	Investigadora en la zona de estudio		
Manuel Dueñas Tituaña	Profesor investigador en la zona de estudio		
Sueanny Macías	Técnica de la Unidad de Vida Silvestre Provincial		
Andrés Tapia	Cabo primero de la Unidad de Protección Ambiental de la Policía Nacional		

3. Resultados y Discusión

3.1. Situación Histórica

El tráfico de vida silvestre no es un fenómeno nuevo[30]. Los animales son considerados fuentes de alimento, mascotas y fuentes económicas dentro de las comunidades indígenas [31]. Ecuador es considerado un país megadiverso por ende es un foco crítico para el tráfico de vida silvestre [32].

Ecuador fue el primer país de Latinoamérica y el Caribe en reconocer a la naturaleza como sujeto de derechos en su constitución (2008) y ha firmado numerosos tratados internacionales para la protección del medio ambiente, entre los cuales se destaca: la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres (CMS); y el Convenio sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora (CITES), en cuanto respecta a vida silvestre [33].

Por otro lado, existen normativas nacionales que buscan lograr el mismo objetivo de protección, entre las cuales se citan: La Constitución de la República del Ecuador (2008); Código Orgánico Integral Penal (COIP) (2014); Código Orgánico del Ambiente (CODA) (2017); Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (RCODA) (2019) y el Acuerdo Ministerial No. 084, emitido por el Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

Varias instituciones están trabajando juntas para combatir esta actividad ilícita. Entre ellas están: el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), en calidad de Canciller de Política Nacional Ambiental; la Policía Nacional del Ecuador, que ha conformado la Unidad de Policía de Medio Ambiente (UPMA); el Servicio Integrado de Seguridad ECU-911; las Fuerzas Armadas del Ecuador (FAE); la Fiscalía General del Estado (FGE); y la Aduana del Ecuador [34].

En materia penal, los delitos contra la vida silvestre están representados en el artículo 247 del COIP, donde preserva especialmente las especies protegidas. En el mismo código, artículo 256, menciona que, la autoridad ambiental nacional, es decir, el MAATE, es el encargado de determinar el alcance o extensión de los daños graves y una lista de especies silvestres protegidas, en peligro de extinción, transfronterizas y migratorias[35,36]. Es importante mencionar que, tanto las normativas nacionales como los tratados internacionales se rigen a nivel

nacional, no solo en la provincia de Sucumbíos [37,38]. Esto quiere decir, que la provincia de Sucumbíos no cuenta con ordenanzas para combatir al tráfico de vida silvestres, por ello, se habló de la política a nivel nacional. Sin embargo, cabe recalcar que, no es competencia de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, pero sería una buena estrategia.

Durante el periodo 2012–2015 la Unidad de Vida Silvestre del antiguo Ministerio del Ambiente informó del decomiso de casi 8.000 especies, entre ellas anfibios, aves, mamíferos, peces y reptiles que serían traficados por el territorio ecuatoriano [31]. En el 2016, alrededor de 1.684 especímenes fueron decomisados, mientras que en el 2017 disminuyó a 222 especímenes rescatados [31,32]. Finalmente, en el 2018–2021 la Unidad Nacional de Policía de Protección del Medio Ambiente registró más de 3.000 incautaciones de animales vivos provenientes del comercio ilegal. Técnicos del MAATE, consideran que, esta cifra no se acerca a la cantidad real de especies traficadas dentro de la provincia de Sucumbíos, debido a que durante la pandemia el tráfico de vida silvestre aumentó, por el poco control que existía en la zona de estudio, por el confinamiento que atravesaba el país. Esta situación benefició a los traficantes, convirtiéndose en una fuente de ingresos para comunidades indígenas de la provincia.

Como se mencionó anteriormente, es importante tener en cuenta que, el número de animales que han logrado ser confiscados por las autoridades competentes, representa una proporción baja del número real de especies traficadas, ya que no todas las especies traficadas son confiscadas. A pesar de ser uno de los grandes problemas de conservación muy pocos estudios caracterizan el comercio ilegal de vida silvestre en el país [39].

En varias ocasiones se han presentado enfrentamientos socioeconómicos, políticos y ambientales en las comunidades por el comercio ilegal de vida silvestre. Este enfrentamiento se da porque las comunidades se “rigen” de su derecho al aprovechamiento de vida silvestre, pero lo que no tienen claro es que la ley lo establece solo dentro de su dominio o territorio. Por ende, ha habido denuncias por la venta de fauna silvestre en condiciones deplorables por parte de personas indígenas. Asimismo, ha habido decomisos en mercados clandestinos en los que personas de diferentes comunidades venden la comúnmente conocida “carne de monte”.

El comercio de fauna silvestre tuvo sus inicios a mediados de la década de 1990 en el Parque Nacional Yasuní. Pero, en el periodo 2005–2007 aumentó, debido a una mayor demanda y un mejor acceso a estas áreas remotas. La provincia de Sucumbíos al ubicarse en una zona amazónica alberga un sin número de especies silvestres. Su tráfico ilegal trae grandes impactos, en general, el impacto más significativo causado por esta actividad es la pérdida de especies y la degradación de los ecosistemas, lo que genera inestabilidad en la comunidad humana y sus medios de subsistencia. Los factores que pueden explicar este fenómeno incluyen la pobreza, la rica biodiversidad local y las variables socioculturales. Otro impacto importante es que la introducción de especies silvestres en otros países puede alterar la vida silvestre nativa al convertir a estos animales en depredadores o traer enfermedades y parásitos. Además, incrementa el riesgo de transmisión de enfermedades zoonóticas, que afectan al bienestar de las personas.

3.2. Situación Actual

Actualmente, la provincia de Sucumbíos sigue en la necesidad de combatir el tráfico de vida silvestre. Como se mencionó anteriormente, esta actividad es una industria multimillonaria que está conduciendo a las especies hacia la extinción. Se calcula que traficar vida silvestre está valorado entre \$7–\$23 mil millones por año, lo que lo convierte en uno de los negocios ilegales más lucrativos del mundo.

Correa (2016) menciona que lamentablemente a nuestro país se lo ha catalogado como un “gran foco” respecto al paso de tráfico de vida silvestre viva o muerta. En los últimos años, la nueva administración del MAATE de la provincia de Sucumbíos está realizando gestiones necesarias para revertir esta problemática, principalmente mediante campañas de concientización con la ayuda de la UPMA y la FAE.

Sin embargo, en los últimos meses, el personal encargado del control y seguimiento de vida silvestre menciona que, se ha visto un alarmante aumento de tráfico de vida silvestre en la provincia, se considera que se debe a la falta de control en los puntos críticos durante la pandemia del COVID–19. Entre los cantones con evidencia clara de tráfico de vida silvestre se encuentra

Lago Agrio específicamente en la parroquia Nueva Loja, los comerciantes se vieron beneficiados del confinamiento que atravesaba el país y el mundo por la pandemia, ya que no se realizaban suficientes controles en la provincia. En los últimos años, solo se ha llevado a cabo un proceso penal, el cual se trata de un ciudadano que se dedicaba a comercializar un “brebaje” a bases de serpientes venenosas. Gracias a una alerta de la ciudadanía, la autoridad competente se movilizó al sitio encontrándolo en delito flagrante, dando inicio al proceso penal, mencionó la Asistente de la Unidad de Vida Silvestre Provincial.

Existen dos procesos, el penal y el administrativo. El proceso penal especifica en el Art. 247 que todas las especies de vida silvestre están protegidas y la pena para las personas que lo incumplan serán privados de la libertad de uno a tres años. Por otro lado, se tiene el proceso administrativo, según el COA, en el Art. 318 menciona cuales son las sanciones administrativas como, por ejemplo: multas, decomisos de las especies, destrucción de los productos, entre otras. Las multas van desde los cinco hasta los 200 salarios básicos unificados, esto dependerá de los ingresos que haya tenido en el último año fiscal la persona infractora y de la categoría de amenaza de la especie que se ha incautado.

En Sucumbíos, además de Nueva Loja, parroquias como Cuyabeno, Limoncocha, Puerto el Carmen y Shushufindi son consideradas puntos críticos para el tráfico de vida silvestre según los técnicos de vida silvestre de Sucumbíos. Sin embargo, las autoridades continúan realizando esfuerzos para disminuir esta actividad. A pesar de que las comunidades comercializan especies silvestres con fines lucrativos, no se evidencia mejoras en su calidad de vida. Es decir, nacionalidades Kichwa, Shuar o Cofán, viven en condiciones deplorables, sus hogares no cuentan con servicios básicos.

En las entrevistas realizadas, algunos comerciantes manifestaron que, debido a la falta de empleo u oportunidades para personas de nacionalidad indígena, se han visto en la necesidad de recurrir a actividades ilegales como el tráfico de vida silvestre (dentro y fuera de su parroquia). Se denomina “carne de monte” a las especies silvestres cazadas. Generalmente estas especies son capturadas y comercializadas los fines de semana en horas de la madrugada y su valor va desde \$2 hasta los \$7 la libra, dependiendo de la especie que se quiera consumir.

La asistente de vida silvestre provincial menciona que, se han realizado sensibilizaciones a comunidades indígenas y colonos dentro de la provincia a lo largo de su gestión. Dando a conocer las desventajas de consumir “carne de monte”. Se explica mediante imágenes y videos la forma de caza de animales silvestres, los participantes observan que en la mayoría de las ocasiones los perdigones quedan dentro, y al consumir esta proteína se está ingiriendo plomo, generando enfermedades a mediano o a largo plazo.

Por otro lado, los consumidores mencionan que se han beneficiado por el bajo costo que tiene la carne de monte, además, manifiestan que su carne es considerada más saludable que la carne de res o de cerdo. Varios consumidores tienen sus locales de comida en los que promocionan como platos típicos seco de guanta, guatusa o armadillo. Llama la atención de los turistas, llevándolos a probar los diferentes platos, una de las principales razones por la cual los turistas consumen al consumo de animales silvestres está relacionada a las leyendas o mitos que comentan los vendedores.

En la provincia y a nivel nacional, está prohibido el tráfico de vida silvestre; sin embargo, su actividad continua en el territorio local y nacional. De manera que, se ve afectada la densidad poblacional de las especies más cazadas. Al respecto, la asistente de vida silvestre manifiesta que, debido al aumento del tráfico durante la pandemia, las especies silvestres se han visto amenazadas. También agregó que a pesar de los esfuerzos que realizan como autoridad ambiental hace falta de cultura ambiental en la población. La pérdida de fauna silvestre afecta a las funciones ecológicas que proporcionan en un hábitat determinado.

Los especímenes vivos se mantienen en cuarentena hasta confirmar que su estado de salud es ideal para ser reubicados. En cambio, elementos decomisados como pieles, cráneos o cualquier extremidad del animal, se almacena para dar charlas de educación ambiental. Cuando es “carne de monte” se la incinera o entierra, porque no se conoce el estado de la especie, se prefiere incinerar para evitar poner en riesgo de la vida humana o animal y por eso no se la puede aprovechar. Cuando son especímenes vivos, se mantienen en cuarentena hasta estar seguro de que se pueda reubicar en otra zona, para evitar el riesgo de vulnerabilidad de la especie, es decir

asegurar su supervivencia. En cuanto a neonatos, es complejo mantenerlos vivos, debido a que requieren cuidados especiales, y no se cuenta con todos los equipos necesarios para que sobrevivan.

Referente a la gestión del MAATE, desde el 2017, vienen impulsando la campaña “Alto al tráfico, si te llevas uno no quedara ninguno”, siendo este su slogan, con él se realizan capacitaciones y sensibilizaciones a toda la ciudadanía. Asimismo, se han colocado mallas publicitarias donde se habla del tráfico de vida silvestre en las vías de la provincia. Pero, por más esfuerzos que realicen, manifiestan que actualmente su principal problema es el hacinamiento. Aunque existen 4 áreas protegidas dentro de la provincia en las que se albergan las especies rescatadas, ninguna posee capacidad para hacinar más especies. En Cascales esta la Reserva Biológica Cofán Bermejo, en Gonzalo Pizarro se tiene al Parque Nacional Cayambe Coca, en Shushufindi la Reserva Biológica Limoncocha y en Cuyabeno está la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno (abarca Putumayo), finalmente, en Lago Agrio, está el Parque Recreativo Nueva Loja. Por lo tanto, se han visto en la necesidad de frenar los controles en la provincia, debido a que no se garantizaría el bienestar animal. A continuación, se muestra una tabla con el número de decomisos en el periodo 2019–2022 en los siete cantones de la provincia de Sucumbíos.

Tabla 2. Matriz de especies rescatadas por cantones

Cantón	Número de especies				Total de especies incautadas
	Reptiles	Mamíferos	Aves	Anfibios	
Cascales	8	14	4	0	26
Cuyabeno	4	7	2	0	13
Gonzalo Pizarro	19	9	2	3	33
Lago Agrio	229	153	51	72	505
Putumayo	2	1	0	0	3
Shushufindi	16	16	7	2	41
Sucumbíos	1	0	1	0	2
Total de especies incautadas	279	200	67	77	623

3.3. Desafíos

A continuación, se presenta la matriz FODA que ayudó a determinar los desafíos que enfrenta la provincia frente al tráfico de vida silvestre.

Tabla 3. Matriz FODA

Fortalezas	Debilidades	Oportunidades	Amenazas
Autoridad competente para sancionar	Conflicto y diferencia de interés entre los miembros de la comunidad y la autoridad ambiental de vida silvestre	Preocupación ambiental por parte de la autoridad	Fragilidad de la política

Accesibilidad a la zona de estudio	Ausencia de fiscales ambientales	Generación de empleo	Tráfico ilegal por parte de personas indígenas
Procesos de reintegración de las especies rescatadas	Sanciones poco rigurosas	Integración de otras instituciones para el control y seguimiento	Zonas fronterizas con poco control
Predisposición de los habitantes de la provincia para controles	Falta de zonas hacinamiento para integrar a las especies rescatadas	Participación de la comunidad a capacitaciones	Alta demanda de especies silvestres para consumo
Predisposición para realizar control y seguimiento	Desconocimiento de la normativa legal	Charlas de concientización	Perdida de la biodiversidad
	Desconocimiento de los impactos que genera el tráfico		Falta de reforzamiento en las instituciones de control

Los hallazgos sugieren que la provincia de Sucumbíos enfrenta muchos desafíos, ciertamente al ser una provincia amazónica, alberga diversas especies. Por ello, se convierte en un punto clave para el tráfico de vida silvestre. Como se mencionó anteriormente, se considera que la zona en estudio presenta carencias tanto en la esfera política como en socioeconómico y ambiental. Por un lado, es evidente que se requiere reformas en la ley respecto al tráfico de vida silvestre. También es necesario un mayor control de esta actividad debido a su aumento durante la pandemia de la COVID-19 y la falta de ofertas de trabajo.

Teniendo en cuenta los problemas ambientales que han surgido en la provincia, se debe considerar prioritario el trabajo en conjunto con otras instituciones como, por ejemplo: el comisario municipal, el intendente o jefes políticos de cada cantón generando sanciones sean en conjunto, mencionó la técnica Sueanny Macías. Asimismo, Cecilia y Lizbeth consideran que es primordial la creación de ordenanzas por parte de los gobiernos autónomos descentralizados, garantizando una mejor gestión en cuanto al tráfico de vida silvestre en la zona de estudio.

Por otro lado, aunque la autoridad tenga conocimiento de los puntos críticos en los que se comercializa especies vivas o muertas, es difícil llevar a cabo un proceso penal exitoso, indicó el cabo Andrés Tapia. Esto se debe a la falta de conocimiento de delitos ambientales por parte de los jueces o fiscales de la provincia. Por eso, se considera importante contar con un juez ambiental, para que todos los casos de tráfico no queden impunes. Además, otro problema que ocasiona que no se lleve a cabo el proceso penal en su totalidad, es que se desconoce los domicilios de los infractores, impidiendo notificarles sobre el inicio de su proceso sancionatorio.

Dueñas manifestó que, quizás el desafío más grande que atraviesa la provincia es la falta de voluntad política, debido a que, si se tuviera el apoyo de las instituciones antes mencionadas, se realizaría una mejor gestión dentro de la provincia. Asimismo, el rol de la sociedad civil es crucial, su vinculación en el control, por medio de los procesos de denuncia, son importantes para que las entidades fiscalizadoras puedan ejercer su labor. Para eso, se debe concientizar a la ciudadanía que cada especie cumple un rol fundamental y específico en el ecosistema.

4. Conclusión

Al término de la investigación con respecto a la situación histórica, se concluye que, la ley ecuatoriana reconoce el delito de tráfico de vida silvestre como una pena de prisión establecido en el COIP desde el 2018. Además, existe un conflicto importante en cuanto al control de especies silvestres dentro de la provincia, ya que, las nacionalidades indígenas se benefician de sus derechos para lucrarse de esta actividad. Por otro lado, el impacto más significativo identificado por el tráfico es la pérdida de las especies y la degradación de los ecosistemas.

En la situación actual se identificó que las especies más traficadas en la provincia de Sucumbíos son los reptiles en el periodo 2019–2022, debido a la disminución de empleo para los habitantes indígenas en los diferentes cantones de la provincia. En cuanto a la ley, no se ha implementado nuevas medidas de protección en los últimos años.

Finalmente, como se mencionó en los resultados, es importante comprender los desafíos que atraviesa la provincia de Sucumbíos. Por ello, se llegó a la conclusión de que el principal problema que enfrenta la zona de estudio es la falta de voluntad política para mejorar el control, seguimiento y sanciones para eliminar o disminuir el tráfico de vida silvestre en la provincia.

Contribución de autores: Los autores contribuyeron en todos los apartados.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Brörken, C.; Hugé, J.; Dahdouh-Guebas, F.; Waas, T.; Rochette, A.-J.; de Bisthoven, L.J. Monitoring Biodiversity Mainstreaming in Development Cooperation Post-2020: Exploring Ways Forward. *Environ Sci Policy* **2022**, *136*, 114–126, doi:https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.05.017.
2. Cardinale, B.J.; Duffy, J.E.; Gonzalez, A.; Hooper, D.U.; Perrings, C.; Venail, P.; Narwani, A.; Mace, G.M.; Tilman, D.; Wardle, D.A. Biodiversity Loss and Its Impact on Humanity. *Nature* **2012**, *486*, 59–67.
3. Schulze, E.-D.; Beck, E.; Buchmann, N.; Clemens, S.; Müller-Hohenstein, K.; Scherer-Lorenzen, M. Biodiversity BT – Plant Ecology. In: Schulze, E.-D., Beck, E., Buchmann, N., Clemens, S., Müller-Hohenstein, K., Scherer-Lorenzen, M., Eds.; Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg, 2019; pp. 743–823 ISBN 978-3-662-56233-8.
4. Van Uhm, D.P. Organised Crime in the Wildlife Trade. *Centre for Information and Research on Organised Crime Newsletter* **2012**, *10*, 2–4.
5. Ceballos, G.; Ehrlich, P.R. The Misunderstood Sixth Mass Extinction. *Science* (1979) **2018**, *360*, 1080–1081.
6. Wake, D.B.; Vredenburg, V.T. Are We in the Midst of the Sixth Mass Extinction? A View from the World of Amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **2008**, *105*, 11466–11473.
7. Pievani, T. Earth's Sixth Mass Extinction Event☆. In: Dellasala, D.A., Goldstein, M.I.B.T.-E. of the A., Eds.; Elsevier: Oxford, 2018; pp. 259–264 ISBN 978-0-12-813576-1.
8. Díaz, S.; Settele, J.; Brondizio, E.S.; Ngo, H.T.; Guèze, M.; Agard, J.; Arneth, A.; Balvanera, P.; Brauman, K.; Butchart, S.H. Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. *Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* **2019**.
9. Wyatt, T.; Miralles, O.; Massé, F.; Lima, R.; da Costa, T.V.; Giovanini, D. Wildlife Trafficking via Social Media in Brazil. *Biol Conserv* **2022**, *265*, 109420, doi:https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109420.
10. Bodmer, R.E.; Lozano, E.P. Rural Development and Sustainable Wildlife Use in Peru. *Conservation Biology* **2001**, *15*, 1163–1170.

11. Mayor, P.; El Bizri, H.R.; Morcatty, T.Q.; Moya, K.; Bendayán, N.; Solis, S.; Vasconcelos Neto, C.F.A.; Kirkland, M.; Arevalo, O.; Fang, T.G. Wild Meat Trade over the Last 45 Years in the Peruvian Amazon. *Conservation Biology* **2021**.
12. Antunes, A.P.; Fewster, R.M.; Venticinque, E.M.; Peres, C.A.; Levi, T.; Rohe, F.; Shepard Jr, G.H. Empty Forest or Empty Rivers? A Century of Commercial Hunting in Amazonia. *Sci Adv* **2016**, *2*, e1600936.
13. El Bizri, H.R.; Morcatty, T.Q.; Valsecchi, J.; Mayor, P.; Ribeiro, J.E.S.; Vasconcelos Neto, C.F.A.; Oliveira, J.S.; Furtado, K.M.; Ferreira, U.C.; Miranda, C.F.S. Urban Wild Meat Consumption and Trade in Central Amazonia. *Conservation Biology* **2020**, *34*, 438–448.
14. Sollund, R. Wildlife Trafficking in a Globalized World: An Example of Motivations and Modus Operandi from a Norwegian Case Study BT – Problematic Wildlife: A Cross–Disciplinary Approach. In: Angelici, F.M., Ed.; Springer International Publishing: Cham, 2016; pp. 553–570 ISBN 978–3–319–22246–2.
15. Burlakova, L.E.; Karatayev, A.Y.; Karatayev, V.A.; May, M.E.; Bennett, D.L.; Cook, M.J. Endemic Species: Contribution to Community Uniqueness, Effect of Habitat Alteration, and Conservation Priorities. *Biol Conserv* **2011**, *144*, 155–165, doi:https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.08.010.
16. González, C.V. Fauna Silvestre En Colombia: Entre La Ilegalidad y Las Oportunidades Del Comercio Internacional En La CITES. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte* **2018**, 128–145.
17. Phelps, J.; Biggs, D.; Webb, E.L. Tools and Terms for Understanding Illegal Wildlife Trade. *Front Ecol Environ* **2016**, *14*, 479–489.
18. Phelps, J.; Webb, E.L. “Invisible” Wildlife Trades: Southeast Asia’s Undocumented Illegal Trade in Wild Ornamental Plants. *Biol Conserv* **2015**, *186*, 296–305.
19. Smart, U.; Cihlar, J.C.; Budowle, B. International Wildlife Trafficking: A Perspective on the Challenges and Potential Forensic Genetics Solutions. *Forensic Sci Int Genet* **2021**, *54*, 102551.
20. Nellemann, C.; Henriksen, R.; Raxter, P.; Ash, N.; Mrema, E. *The Environmental Crime Crisis: Threats to Sustainable Development from Illegal Exploitation and Trade in Wildlife and Forest Resources*; United Nations Environment Programme (UNEP), 2014; ISBN 8277011326.
21. Sollund, R. Wildlife Trafficking in a Globalized World: An Example of Motivations and Modus Operandi from a Norwegian Case Study. In *Problematic wildlife*; Springer, 2016; pp. 553–570.
22. Carballeira, R.; Pontevedra–Pombal, X. Diversity of Testate Amoebae as an Indicator of the Conservation Status of Peatlands in Southwest Europe. *Diversity* **2021**, *13*.
23. Conde, D.A.; Colchero, F.; Gusset, M.; Pearce–Kelly, P.; Byers, O.; Flesness, N.; Browne, R.K.; Jones, O.R. Zoos through the Lens of the IUCN Red List: A Global Metapopulation Approach to Support Conservation Breeding Programs. *PLoS One* **2013**, *8*, e80311.
24. Martin, T.G.; Nally, S.; Burbidge, A.A.; Arnall, S.; Garnett, S.T.; Hayward, M.W.; Lumsden, L.F.; Menkhorst, P.; McDonald–Madden, E.; Possingham, H.P. Acting Fast Helps Avoid Extinction. *Conserv Lett* **2012**, *5*, 274–280.
25. Fukushima, C.S.; Tricorache, P.; Toomes, A.; Stringham, O.C.; Rivera–Téllez, E.; Ripple, W.J.; Peters, G.; Orenstein, R.I.; Morcatty, T.Q.; Longhorn, S.J. Challenges and Perspectives on Tackling Illegal or Unsustainable Wildlife Trade. *Biol Conserv* **2021**, *263*, 109342.
26. Nijman, V. An Overview of International Wildlife Trade from Southeast Asia. *Biodivers Conserv* **2010**, *19*, 1101–1114.
27. Scheffers, B.R.; Oliveira, B.F.; Lamb, I.; Edwards, D.P. Global Wildlife Trade across the Tree of Life. *Science (1979)* **2019**, *366*, 71–76.
28. Grefa, E.J.C.; Bernal, C.M.V.; Guerra, J.H.R.; Sampedro, O.F.B.; Moyota, P.B.D.; Paredes, O.I.G.; Layedra, J.R.G. Plan De Desarrollo Turístico Como Alternativa De

- Dinamismo Socio Economico En La Parroquia Nueva Loja, Cantón Lago Agrio, Provincia De Sucumbíos. *European Scientific Journal, ESJ* **2017**, *13*, 357.
29. Mestanza-Ramón, C.; Jiménez-Caballero, J.L. Nature Tourism on the Colombian—Ecuadorian Amazonian Border: History, Current Situation, and Challenges. *Sustainability* **2021**, *13*.
 30. Garza-Almanza, V. Tráfico Ilegal de Vida Silvestre y Educación Ambiental. *Cultura Científica y Tecnológica* **2015**.
 31. Endara, L.C.; Montoya, G.; Veintimilla, D.; Gualoto, Y.; Noboa, K.; Aulestia, P.; Tello, F.; Olmedo, J.; Ron, K.; Campaña, J. Guía de Procedimientos Administrativos y Penales Para El Control Del Tráfico Ilegal de Vida Silvestre, Elementos Constitutivos y Muestras Biológicas En El Ecuador Primera Edición© Ministerio Del Ambiente Del Ecuador, 2017. **2017**.
 32. Orlando Chong, D.P. ANÁLISIS DE TRÁFICO ILEGAL DE VIDA SILVESTRE EN LA PROVINCIA DE MANABÍ 2019.
 33. Arévalo, B.E.F.; Romero, G.Y.S. El Principio de Favorabilidad Frente a Nuevos Procedimientos Del Código Orgánico Integral Penal. *Sociedad & Tecnología* **2021**, *4*, 240–255.
 34. Magliocca, N.; Torres, A.; Margulies, J.; McSweeney, K.; Arroyo-Quiroz, I.; Carter, N.; Curtin, K.; Easter, T.; Gore, M.; Hübschle¹⁰, A. Análisis Comparativo de La Estructura y Las Operaciones de Las Redes de Suministro Ilícito: Cocaína, Vida Silvestre y Arena.
 35. Sandoval-Guerrero, L.K. Patrimonio Cultural y Turismo En El Ecuador: Vínculo Indisoluble. *Tsafiqui—Revista Científica en Ciencias Sociales* **2017**.
 36. Mestanza-Ramón, C.; Henkanaththegedara, S.M.; Duchicela, P.V.; Tierras, Y.V.; Capa, M.S.; Mejía, D.C.; Gutierrez, M.J.; Guamán, M.C.; Ramón, P.M. In-Situ and Ex-Situ Biodiversity Conservation in Ecuador: A Review of Policies, Actions and Challenges. *Diversity (Basel)* **2020**, *12*, doi:10.3390/D12080315.
 37. Valdez Tite, T.F. El Delito de Tráfico Ilegal de Especies Exóticas y El Daño Ambiental En El Cantón Pastaza 2015.
 38. Miguel, A.E.; Torres Váldez, J.C.; Maldonado Cruz, P. Fundamentos De La Planificación Urbano-Regional. **2011**, 283.
 39. Paola, K.; Cervera, T. Análisis de Los Impactos Ambientales Generados Por El Tratamiento y Disposición Final de Los Residuos Aceitosos (Borras) Generados En Los Distritos de Producción de Hidrocarburos. **2014**.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Cambio climático, sostenibilidad y áreas naturales protegidas

Estefanía Segarra-Jiménez¹   Demmy Mora-Silva¹ 

¹ Grupo de Investigación YASUNI-SDC, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, Riobamba EC-220001, Ecuador

 Correspondencia: estefania.segarra@esPOCH.edu.ec  +593 99 497 8908

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62082>

Resumen: El cambio climático está provocando cambios significativos en las condiciones de vida de muchas especies a través del aumento de las temperaturas, cambios en la distribución de las precipitaciones y fenómenos meteorológicos extremos más frecuentes, como fuertes lluvias, tormentas, olas de calor y períodos de sequía. Es necesario realizar estudios que traigan a la palestra el debate de estos cambios. En este sentido, el presente estudio describe la situación actual respecto de la relación del cambio climático, la sostenibilidad y las áreas naturales protegidas para la cual se realizó una revisión bibliográfica y el análisis se presenta como un documento de revisión. El análisis indica que la naturaleza tiene un gran potencial para contrarrestar los efectos del cambio climático. También hay una gran cantidad de "soluciones basadas en la naturaleza" que no solo ayudan a adaptarse al cambio climático, sino que también ofrecen diversos efectos de sinergia. Para mejorar la resiliencia de la naturaleza al cambio climático, se requiere una red coherente y bien conectada de áreas protegidas. Un claro ejemplo es La red europea Natura 2000 de áreas protegidas es una columna vertebral importante para la protección de especies y hábitats.

Palabras claves: Biodiversidad, conservación biológica, espacios naturales, ambiental, social, económico.

Climate change, sustainability and natural protected areas

Abstract: Climate change is causing significant changes in the living conditions of many species through increased temperatures, changes in the distribution of precipitation and more frequent extreme weather events, such as heavy rains, storms, heat waves and periods of drought. Studies are needed to bring the discussion of these changes to the forefront. In this sense, the present study describes the current situation regarding the relationship between climate change, sustainability and natural protected areas for which a literature review was conducted and the analysis is presented as a review paper. The analysis indicates that nature has great potential to counteract the effects of climate change. There are also a large number of "nature-based solutions" that not only help to adapt to climate change, but also offer various synergy effects. To improve nature's resilience



Cite: Segarra-Jiménez, E., & Mora-Silva, D. (2023). Cambio climático, sostenibilidad y áreas naturales protegidas. Green World Journal, 6(2), 82.

<https://doi.org/10.53313/gwj62082>

Received: 05/May/2023

Accepted: 28/Jul/2023

Published: 03/Aug/2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license. Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

to climate change, a coherent and well-connected network of protected areas is required. A clear example is The European Natura 2000 network of protected areas is an important backbone for the protection of species and habitats.

Keywords: Biodiversity, biological conservation, natural areas, environmental, social, economic.

1. Introducción

El cambio climático está modificando los hábitats de los animales y las plantas, en parte de forma profunda, y por lo tanto, directa o indirectamente, amenaza la biodiversidad. La pérdida de diversidad biológica puede contrarrestarse con diversas medidas de adaptación [1,2]. Medidas de adecuación en la zona biodiversidad tiene como objetivo aumentar la capacidad de los organismos para sobrevivir y funcionar y evitar o minimizar los efectos indeseables del cambio climático en la biodiversidad. Las medidas de adaptación no pueden eliminar por completo los riesgos del cambio climático, pero el adaptabilidad de los ecosistemas y sus especies. Particularmente importante para el Adaptación al cambio climático es la adaptación independiente de ecosistemas y especies [3,4].

La preservación de la biodiversidad es un requisito previo elemental para el éxito en la protección del clima y en la adaptación a las consecuencias del cambio climático. Porque los ecosistemas saludables almacenan enormes cantidades de gases de efecto invernadero y mitigan las consecuencias de los fenómenos meteorológicos extremos. Ayudan a garantizar que los servicios ecosistémicos importantes, como el agua limpia o el aire fresco, sigan estando disponibles para todos en el futuro [5–8].

El potencial natural de almacenamiento de gases de efecto invernadero por parte de los ecosistemas depende de una variedad de factores y es difícil de determinar con precisión. Sin embargo, en general, los bosques, los mares, los páramos y el suelo de permafrost almacenan enormes cantidades de gases de efecto invernadero (Recupere la entrada de léxico para el término) como el dióxido de carbono y el metano [9,10]. Cuando se talan los bosques, se drenan los pantanos o cuando el permafrost se descongela debido al calentamiento global, estos gases se liberan y provocan el cambio climático. Los ecosistemas saludables, por otro lado, contribuyen significativamente a mitigar las consecuencias del cambio climático para las personas y la naturaleza [11,12].

Según el estado actual de los conocimientos, esto es tanto más exitoso cuanto más intactos estén los ecosistemas y mayor sea su biodiversidad, ya que resiliencia de los ecosistemas está aumentando. Los seres humanos pueden apoyar el potencial de adaptación independiente (autorregulación) asegurando que la biodiversidad esté en buenas condiciones y funcionando, y promoviendo la diversidad en todos los niveles [13]. Las medidas para maximizar el potencial de adaptación y aumentar la resiliencia de las poblaciones de especies frente al cambio climático requieren reducir las amenazas y cambiar las políticas y estrategias de conservación existentes. Una extensa red de biotopos mejorar la conectividad ecológica y la diversidad genética, la protección y

rehabilitación de hábitats y la conservación de la biodiversidad en paisajes productivos son otras estrategias para maximizar el potencial de adaptación de las especies [14,15].

A nivel de especie, en principio hay varias posibilidades como especies y poblaciones en una ecosistema ser capaz de reaccionar al cambio climático y por lo tanto a un cambio en el perfil de temperatura. Pueden esquivar, adaptarse o morir. Por lo tanto, la adaptación depende en gran medida de la medida en que las especies sean capaces de colonizar nuevos hábitats climáticamente adecuados o de adaptarse a las nuevas condiciones a través de los correspondientes cambios fisiológicos o fenológicos sin abandonar su hábitat [16,17]. Si la evasión o adaptación genética no es posible y las condiciones climáticas exceden el rango de tolerancia de la especie, la especie puede llegar a extinguirse en el área afectada. Factores que pueden dificultar que las especies escapen (emigren) a nuevos hábitats, es la fragmentación espacial de hábitats alternativos adecuados por carreteras y la falta de continuidad del paisaje agrícola de uso intensivo para la expansión y los movimientos migratorios. En las montañas, los animales pueden migrar a altitudes más altas si se calientan demasiado. Sin embargo, cuanto más alto migran los animales, más estrecho es el espacio que tienen y el suministro de alimentos disponible [17,18].

Otra posibilidad de adaptación es la plasticidad fenotípica, que es el fenómeno que ocurre en muchas plantas y animales en el que individuos con el mismo genotipo (información hereditaria) desarrollan diferentes fenotipos, dependiendo de las condiciones ambientales o climáticas predominantes. El fenotipo se refiere no solo a características morfológicas sino también fisiológicas y, si es necesario, a características de comportamiento. Además, una adaptación en los rasgos puede ser causada por cambios genéticos, es decir, en última instancia, por la evolución. La adaptación evolutiva al cambio climático solo puede tener lugar si la variación genética hereditaria está presente en los rasgos relevantes para el clima [19,20].

Un estudio de Conservación Internacional describe los ecosistemas cruciales en la tierra que la humanidad debe proteger para evitar una catástrofe climática. Estos ecosistemas contienen depósitos de carbono tan densos que, si se destruyen y liberan, no podrían restaurarse a tiempo para evitar los impactos más peligrosos del cambio climático [21,22]. En este contexto, el presente estudio describe la situación actual respecto de la relación del cambio climático, la sostenibilidad y las áreas naturales protegidas para la cual se realizó una revisión bibliográfica y el análisis se presenta como un documento de revisión.

2. El cambio climático en la actualidad

El cambio climático cambiará significativamente los ecosistemas y plantea dos riesgos principales para la biodiversidad: en primer lugar, está ocurriendo más rápido de lo que muchas especies pueden adaptarse genéticamente o migrar con los cambios de temperatura. Por otro lado, diversas interacciones entre especies amenazan con salirse de ritmo. Esto puede tener consecuencias económicas si, por ejemplo, la agricultura registra pérdidas en productos que dependen de polinizadores. Pero también hay

consecuencias para la salud cuando los portadores de enfermedades regresan a lugares donde durante mucho tiempo se pensó que habían sido erradicados. Por un lado, las especies recién inmigradas tienen que asumir las funciones de las especies para las que se ha vuelto demasiado cálido o demasiado seco [23,24]. Por otro lado, debido a la falta de competidores, también traen consigo el riesgo de convertirse en especies invasoras que ejercen aún más presión sobre los ecosistemas existentes. En general, el calentamiento amenaza principalmente a las especies resistentes al frío y a las que sufren estrés por sequía. Las especies que pueden hacer frente mejor a estas condiciones tienen una ventaja [25,26].

Para reconocer las conexiones entre el cambio climático y las consecuencias para la diversidad biológica, las observaciones a largo plazo son una base indispensable. Los datos que se recopilan regularmente durante muchos años por observadores voluntarios de la naturaleza, como el control de mariposas a nivel mundial, juegan un papel importante en esto [27]. Los datos de 1,5 millones de horas de observación ayudaron a evaluar los cambios relacionados con el clima en las comunidades de mariposas y aves a gran escala por primera vez. A principios de 2012, un equipo de investigación internacional con participación de la UFZ (Helmholtz Centre for Environmental Research) publicó en la revista "Nature Climate Change" Cifras que permiten concluir que las aves y las mariposas no pueden seguir el ritmo del cambio climático. Las temperaturas han aumentado más rápido en Europa durante las últimas dos décadas de lo que cualquier grupo de animales ha podido adaptarse. Han "emigrado" hacia el norte más lentamente de lo que sus requisitos climáticos harían parecer necesario. En promedio, las mariposas se rezagaron 135 kilómetros y las aves hasta 212 kilómetros en comparación con el aumento de la temperatura y el desplazamiento hacia el norte de sus hábitats. Estos resultados son particularmente sorprendentes para las aves, que siempre se consideran muy móviles [28]. El hecho de que a las mariposas les vaya menos mal se debe principalmente a sus cortos ciclos reproductivos, que permiten que los insectos se adapten más rápidamente que otros grupos de especies [29].

Sin embargo, también van a la zaga del cambio climático, según uno de los muchos resultados obtenidos como parte del proyecto de la UE ALARM (Evaluación de riesgos ambientales a gran escala para la biodiversidad con métodos probados). Se examinaron con más detalle cuatro áreas que son responsables de la disminución de la diversidad biológica: la pérdida de polinizadores como abejas, abejorros y mariposas, contaminantes en el medio ambiente, especies exóticas y cambio climático. En el "Atlas de riesgo climático de las mariposas europeas", los científicos de la UFZ, junto con otros colegas, han analizado tres escenarios de desarrollo climático futuro para las mariposas europeas utilizando modelos. En el peor de los casos, suponiendo que la temperatura media en Europa aumente 4,1 °C para 2080 y los animales no puedan seguir el ritmo del cambio, Por ejemplo, más del 50 por ciento de los hábitats actualmente adecuados para 230 de las 294 especies de mariposas estudiadas serían demasiado cálidos o demasiado secos para que sobrevivan [9,30]. Un escenario relativamente optimista, que asume un aumento de la temperatura de solo 2,4 °C, aún resultaría en la pérdida de

más del 50 por ciento de las áreas actualmente aptas para 140 especies de mariposas. Incluso si la especie fuera completamente móvil y pudiera seguir el cambio climático, si la temperatura aumentara 4,1 °C para 2080, el 36 % de las especies perdería más de la mitad de su área de distribución, mientras que solo un poco menos del 18 % se beneficiaría de esto. es decir, poder ampliar su gama. No importa qué escenario ocurrirá finalmente [31,32].

La forma en que se ven afectadas las mariposas proporciona buenas pistas sobre cuántos otros insectos podrían responder. Y los insectos no solo constituyen dos tercios de todas las especies en todo el mundo. También son indispensables para una agricultura exitosa, por ejemplo, como polinizadores. Alrededor de las tres cuartas partes de las plantas silvestres y un tercio de la producción agrícola mundial dependen de las flores de las plantas que son polinizadas por animales. La polinización de plantas agrícolas trae beneficios económicos de alrededor de 150 a 300 mil millones de euros por año en todo el mundo. Incluso si el calentamiento resulta ser menor, todavía existe el riesgo de que las interacciones bien establecidas (depredador–presa o polinizador–plantas con flores) se mezclen debido a cambios desiguales en el hábitat o en la secuencia estacional. así que vuélvete asincrónico. Si los ecosistemas pierden el paso, esto también puede tener consecuencias económicas tangibles. Para el grupo de polinizadores, una evaluación de más de 200 estudios individuales en 2010 mostró que el cambio climático y las especies exóticas conducirán a nuevas comunidades en las que los generalistas tendrán una ventaja sobre los especialistas [31].

En particular, las especies endémicas que solo se encuentran en un lugar y han vivido en condiciones ambientales constantes durante largos períodos de tiempo se consideran particularmente amenazadas por cambios ambientales graves como el cambio climático actual. Por eso, un equipo ruso–alemán de científicos investiga actualmente los organismos acuáticos del lago Baikal, el lago de agua dulce más grande y antiguo del mundo, en el proyecto LabEglo (Lago Baikal y los efectos biológicos del cambio global). El estudio se llevó a cabo en el camarón de agua dulce primer estudio a gran escala del genoma de una especie endémica en el lago Baikal. También se estudiaron otras especies y se encontró que no todas las especies endémicas de cangrejos de río en el lago son más sensibles al estrés por calor que las especies migratorias potenciales. Esto demuestra que las predicciones generales son difíciles, cada especie reacciona de manera diferente [27]. También habrá ganadores y perdedores en la vegetación. Por ejemplo, mientras que el abeto (*Picea abies*) será cada vez menos capaz de hacer frente a las temperaturas de Alemania, el nogal auténtico (*Juglans regia*) más cálido y, por lo tanto, podrá propagarse aún más. Con un aumento extremo de la temperatura de más de 4 °C, una de cada cinco especies de plantas podría perder más del 80 % de su área de distribución para 2080. Las simulaciones del modelo esperan una gran fluctuación en las especies de plantas, especialmente para el suroeste y las áreas bajas del noreste de Alemania. Para ello, los investigadores modelaron las áreas de distribución de un total de 845 especies de plantas europeas en tres escenarios futuros diferentes y registraron cómo están cambiando en Alemania [21,33]. Este cambio también se notará en los

bosques en unas pocas décadas y es una motivación para convertir los bosques paso a paso de monocultivos de coníferas a bosques mixtos. Sin embargo, esto requiere un replanteamiento, porque la madera crece más lentamente de esta manera [9,34,35].

3. La sostenibilidad ambiental y sus paradigmas

La humanidad ya ha superado parcialmente los límites de lo que la naturaleza en la tierra puede soportar a largo plazo. Para que podamos dejar un planeta en el que valga la pena vivir para las generaciones futuras y para que la calidad de vida mejore significativamente en todo el mundo hoy, nuestra forma de hacer negocios y de vivir debe cambiar fundamentalmente [27,36]. Los humanos necesitamos la naturaleza y ciertas condiciones en la tierra para poder sobrevivir. Si cierto daño ambiental se vuelve demasiado grande, puede poner en peligro los medios de subsistencia de la humanidad [26,37,38]. En este contexto, la ciencia y la política climática y medioambiental hablan a menudo de "límites planetarios", a veces también de "barandillas". Esto significa que se deben observar ciertos valores importantes en el estado de naturaleza. Si se exceden estos límites, el daño ya no podría compensarse y el riesgo para las personas podría volverse demasiado grande [39,40].

Una de las limitaciones es el cambio climático. El calentamiento global de la atmósfera inferior debe limitarse a 2 °C, si es posible incluso a 1,5 °C. Los países así lo acordaron en el Acuerdo de París [41]. Un desafío particular es que varios problemas ambientales están interrelacionados y se influyen entre sí. Por ejemplo, no es posible resolver solo el problema de la extinción de especies sin proteger el clima. Porque el cambio climático también está poniendo en peligro a muchas especies, como los corales. Por lo tanto, los problemas deben ser considerados y resueltos en su totalidad [42]. Los principales problemas ambientales se conocen desde hace mucho tiempo y se están realizando esfuerzos para solucionarlos. Cuando se menciona la "gran transformación", el punto es que las personas deben avanzar en el proceso de cambio hacia una sociedad sostenible de manera específica y con visión de futuro. Según el Consejo Asesor Alemán sobre Cambio Global (WBGU), este es un desafío único. Porque los grandes cambios anteriores en la historia humana han sido en gran parte procesos descontrolados [43].

Al mismo tiempo, hay factores que ralentizan una gran transformación. Por ejemplo, los cambios en la política y los negocios suelen ser muy difíciles porque tenemos que cuestionar nuestros hábitos. Esto no es fácil para muchas personas porque a menudo se asocia con incertidumbres. Incluso la conversión de estructuras complejas, como la conversión de la industria energética a energías renovables, no puede lograrse de la noche a la mañana [29]. Por ejemplo, el suministro eléctrico debe estar garantizado en todo momento y ser asequible para todos. Además, se deben considerar y minimizar las consecuencias ambientales de la expansión de las energías renovables. Los diferentes desarrollos a menudo se influyen entre sí y tienen que estar vinculados. Además, varios grupos de la sociedad intentan influir en los cambios a su favor, es decir,

hacer valer sus intereses. Esto a menudo implica intereses financieros, es decir, dinero [44,45].

Cada año, el llamado Día del Sobregiro de la Tierra nos recuerda que la gente le está pidiendo demasiado a la tierra. Hasta este día del año, la humanidad ha consumido tantos recursos como la naturaleza puede restaurar en todo un año. En 2021 eso fue el 29 de julio. A modo de comparación: en 1970 la fecha era el 29 de diciembre. Debido a nuestra forma de vida, los humanos estamos consumiendo cada vez más recursos. Debido a que esto es dañino para el clima, la naturaleza y el medio ambiente, también estamos poniendo en peligro nuestros propios medios de subsistencia [46].

3. Las áreas protegidas y su rol en la actualidad

Las áreas protegidas son instrumentos indispensables para la conservación de la naturaleza. Hoy en día existe un gran número de diferentes tipos de áreas protegidas, que difieren en cuanto a sus objetivos y difieren en el grado de protección al que están sujetas. categorías de áreas protegidas. Estos espacios no solo crean un espacio para la recreación en armonía con la naturaleza [16,47]. Sobre todo, son parte integral del ecosistema, sin el cual la vida en la tierra sería imposible. Por lo tanto, la preservación de la diversidad biológica es de interés para todas las personas. La importancia de las áreas protegidas está constantemente en la agenda nacional e internacional. A continuación, se presentan aspectos valiosos que siguen siendo un gran tema [48].

La destrucción progresiva de la naturaleza a nivel mundial con la degradación y pérdida de la diversidad biológica es una crisis que supera incluso los peligros del calentamiento global. Según el Informe de Evaluación Global sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas de 2019, los principales impulsores son: el cambio en el uso de la tierra y el mar, la explotación directa, el cambio climático, la contaminación y las especies invasoras [49,50]. Como resultado de estos desarrollos, alrededor de un millón de especies animales y vegetales están en peligro de extinción. El 75 por ciento de la superficie terrestre y el 66 por ciento de los océanos ahora han sido alterados significativamente por los humanos. Muchas regiones con una gran biodiversidad se encuentran en países emergentes y en desarrollo. Allí, las comunidades rurales e indígenas en particular sufren la pérdida y degradación de los ecosistemas [51].

Los efectos del cambio climático no se detienen en los límites de las áreas protegidas y representan un factor creciente, se deben usar ejemplos concretos de (grandes) áreas protegidas para ilustrar qué cambios en las especies y el equipamiento del biotopo [52]. Por ejemplo, a partir del seguimiento, de los controles de éxito, de investigaciones repetidas, ya se puede rastrear hasta los efectos del cambio climático, cómo se evaluarán estos específicamente para las áreas y cómo se pueden comparar los resultados con los suprarregionales (posiblemente también inducido por el cambio climático) disminuciones y aumentos en especies o especies. Los biotopos están relacionados [53,54].

Las áreas protegidas restringen el uso dentro de espacios definidos para lograr objetivos específicos de protección de la naturaleza y el paisaje. Por lo tanto, las criaturas

y los hábitats amenazados pueden sobrevivir en el paisaje de uso intensivo en su mayoría. Las áreas protegidas contribuyen así a la conservación legalmente anclada de la biodiversidad. Sin embargo, con el cambio climático, las especies están cambiando su presencia y los hábitats sus características. Surge la pregunta de si las áreas protegidas actuales continúan protegiendo las especies y los hábitats para los que fueron creadas bajo las condiciones del cambio climático. Los procesos dinámicos de la biodiversidad hasta ahora no han sido suficientemente tomados en cuenta en los conceptos de áreas protegidas [48].

Las reservas naturales también sirvieron como zonas naturales de amortiguamiento contra las consecuencias del cambio climático y otros desastres naturales. Las zonas costeras protegidas evitarían USD 23,2 billones en daños por inundaciones y huracanes anualmente en los Estados Unidos. Además, las áreas protegidas reciben recursos naturales: un tercio de las 100 ciudades más grandes del mundo obtienen su agua potable de bosques en reservas naturales. En opinión de WWF, la preservación y expansión de las reservas naturales es, por lo tanto, una medida importante de protección climática internacional. "Buscamos constantemente nuevas soluciones al cambio climático y nos olvidamos de una alternativa comprobada" [55,56].

Una solución exitosa para contrarrestar esta amenaza es, donde sea sensato y socialmente aceptable, el establecimiento de áreas protegidas con manejo sostenible y participativo. Ejemplos de áreas protegidas son los parques nacionales y las reservas naturales. Otras áreas de alto valor de conservación incluyen reservas de biosfera y sitios del Patrimonio Mundial. Junto con las llamadas otras medidas efectivas de conservación basadas en áreas (OECM), fortalecen la resiliencia de los hábitats naturales a las influencias climáticas y los cambios externos en el ecosistema [12,57]. Al mismo tiempo, preservan servicios ecosistémicos como aire limpio y suficiente agua para la población local. Los llamados biocorredores, una red geográfica de áreas protegidas. Sin embargo, la gestión de las áreas protegidas a menudo resulta ser un gran desafío debido a la financiación insuficiente, la falta de recursos humanos y la falta de capacidad para una gestión orientada a la participación y la calidad. Además, a menudo hay una falta de datos suficientes para que las áreas demuestren la necesidad inmediata de protección de las especies y los ecosistemas a preservar y para diseñar medidas de protección de manera efectiva [58–60].

4. Desafíos

Analizada la relación entre el cambio climático, la sostenibilidad ambiental y las áreas protegidas, como desafío queda latente sobre una de las preguntas, dónde deberían crearse nuevas áreas protegidas está en pleno apogeo, incluso antes de que los negociadores en la cumbre de biodiversidad de la ONU de este año en Kunming pudieran incluso decidir poner un total del 30 por ciento de la superficie terrestre bajo protección para 2030 y así más o menos duplicar la proporción de áreas protegidas. En perspectiva, incluso el 50 por ciento está planificado para 2050. La mayoría de los

ecologistas piden que se reserven áreas adicionales para la naturaleza, especialmente donde la biodiversidad es particularmente alta y vive una gran cantidad de especies endémicas, es decir, solo se encuentran allí. Por ejemplo, en el noroeste de la selva amazónica.

Sin embargo, muchos biólogos de la conservación argumentan ahora que no solo es necesario proteger las áreas donde ya vive un gran número de especies hoy en día, sino también aquellas donde las especies se encontrarán en el futuro, siempre que haya una conexión entre el dos zonas para evitar la migración de las especies habilitadas. Las rutas de migración potenciales correspondientes ya se han registrado en los mapas de los EE. UU. En última instancia, la cuestión de dónde deberían crearse nuevas áreas protegidas probablemente tampoco se decidirá en Kunming, esto será una cuestión de políticas de estado.

Algunos observadores consideran que otra pregunta es aún más crucial: ¿qué cuenta como área protegida de todos modos? "Todavía no está nada claro qué se puede incluir en el 30 por ciento". Desde áreas donde la naturaleza se deja a su suerte hasta áreas que tienen un estatus protegido, pero son manejadas por humanos, el rango es muy amplio. Sin embargo, los ecologistas advierten contra concentrarse únicamente en las áreas protegidas. "El peligro es que la sociedad asuma que ya hemos protegido la mitad del área, ¡así que podemos hacer lo que queramos con la otra mitad!". Para ofrecer a la especie un espacio para la recreación y la migración, todas las áreas deberían ser puestas a prueba, incluidas las áreas utilizables. "Estos ya están en el límite de capacidad". Lo que se quiere decir son desiertos cultivables en los que toda la vida es aniquilada con pesticidas. O bosques estandarizados con tala intensa, donde ya casi nada vive. "Deberíamos empezar a reducir un poco el uso, e incluso dejar de cultivar algunas áreas".

5. Conclusión

El reasentamiento activo sigue siendo en gran medida un tabú para muchos conservacionistas. Sin embargo, otro enfoque es menos controvertido: el aumento de la temperatura puede amortiguarse parcialmente mediante un uso del suelo adaptado. Si las condiciones climáticas cambian, las áreas protegidas también deben adaptarse para que puedan conservarse como hábitats. Los hallazgos sobre la velocidad a la que las especies se están poniendo al día con el cambio de temperatura sugieren que muchas especies no lo lograrán por sí mismas. Por lo tanto, desde el punto de vista de los científicos, se debe considerar el apoyo activo para las especies particularmente amenazadas cuando migran hacia el norte o hacia regiones más altas. En gran medida indiscutible, pero difícil de implementar, es la demanda de la creación de redes de hábitats (red de biotopos) para facilitar la migración de las especies. En este contexto, también es necesaria una expansión de las áreas protegidas.

Las estrategias de gestión pueden ayudar a reducir los riesgos para la biodiversidad. Con todos los riesgos que el cambio climático supone para la biodiversidad, no hay que olvidar que es solo un factor entre muchos. La transformación

hacia una sociedad sustentable y justa es una tarea enorme. Los políticos tienen una gran responsabilidad y hacen una contribución significativa al establecer reglas claras y proporcionar un marco legal. Un ejemplo es la Ley de Protección Climática del Gobierno Federal, que por primera vez establece objetivos vinculantes de protección climática para los sectores de la energía, la industria, la construcción, el transporte, la agricultura y la gestión de residuos.

La transformación de la sociedad también significa que todos se involucran: con ideas, proyectos y campañas o decisiones cotidianas para un estilo de vida sostenible. Los ciudadanos de nuestra sociedad a menudo tienen la opción de tomar decisiones sostenibles o no sostenibles. Esto significa: Todos podemos contribuir al cambio sostenible pensando en nuestras propias posibilidades (de elección) y utilizándolas. Los cambios en el uso de la tierra y otras presiones ambientales a menudo tienen un impacto inmediato (consumo de la tierra), pero a veces con un retraso de muchos años (acumulación de productos químicos, fragmentación del paisaje, establecimiento de especies invasoras) sobre la biodiversidad. El cambio climático se está haciendo sentir con "un poder de permanencia aún mayor": sus efectos solo se hacen evidentes con un retraso considerable y son aún más difíciles de revertir. La principal amenaza para la biodiversidad sigue siendo la pérdida de hábitats por cambios en el uso del suelo. Sin embargo, la importancia de los cambios climáticos aumentará en el futuro.

Contribución de autores: Los autores contribuyeron en todos los apartados.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Pawlaczyk, A.; Szykowska-Jóźwik, M.I.B.T.-R.M. in B.S. Environmental and health laws, Europe. In; Elsevier, 2022 ISBN 978-0-12-801238-3.
2. Ding, P. Tropical Fruits. In; Thomas, B., Murray, B.G., Murphy, D.J.B.T.-E. of A.P.S. (Second E., Eds.; Academic Press: Oxford, 2017; pp. 431-434 ISBN 978-0-12-394808-3.
3. Flores-Tolentino, M.; García-Valdés, R.; Saénz-Romero, C.; Ávila-Díaz, I.; Paz, H.; Lopez-Toledo, L. Distribution and conservation of species is misestimated if biotic interactions are ignored: the case of the orchid *Laelia speciosa*. *Sci. Rep.* **2020**, *10*, 9542, doi:10.1038/s41598-020-63638-9.
4. Pielke, R.A.; Adegoke, J.; Hossain, F.; Niyogi, D. Environmental and Social Risks to Biodiversity and Ecosystem Health—A Bottom-Up, Resource-Focused Assessment Framework. *Earth* **2021**, *2*.
5. Githiru, M.; Njambuya, J.W. *Globalization and Biodiversity Conservation Problems: Polycentric REDD+ Solutions*; Zougmore, R.B., Ed.; 3rd ed.; New York, 2019; Vol. 8; ISBN 2073-445X.
6. Báez, S.; Jaramillo, L.; Cuesta, F.; Donoso, D.A. Effects of climate change on Andean biodiversity: a synthesis of studies published until 2015. *Neotrop. Biodivers.* **2016**, *2*, 181-194.
7. Sanchez-Capa, M.; Viteri-Sanchez, S.; Burbano-Cachiguango, A.; Abril-Donoso, M.; Vargas-Tierras, T.; Suarez-Cedillo, S.; Mestanza-Ramón, C. New Characteristics in the Fermentation Process of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) "Super ´rbol” in La Joya de los Sachas, Ecuador. *Sustain.* **2022**, *14*.

8. Sánchez Capa, M.; Mestanza-Ramón, C.; Sánchez Capa, I. Perspectiva de conservación del suelo en la Amazonía ecuatoriana. *Green World J.* **2020**, *3*, 009, doi:<https://www.greenworldjournal.com/doi-022-wgj-2020>.
9. Hale, R.; Jacques, R.O.; Tolhurst, T.J. Determining How Functionally Diverse Intertidal Sediment Species Preserve Mudflat Ecosystem Properties After Abrupt Biodiversity Loss. *J. Coast. Res.* **2019**, *35*, 389–396, doi:10.2112/JCOASTRES-D-17-00197.1.
10. Mercado, R.M. People's Risk Perceptions and Responses to Climate Change and Natural Disasters in BASECO Compound, Manila, Philippines. *Procedia Environ. Sci.* **2016**, *34*, 490–505, doi:<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.04.043>.
11. Saul, R.; Barnes, R.; Elliott, M. Is climate change an unforeseen, irresistible and external factor – A force majeure in marine environmental law? *Mar. Pollut. Bull.* **2016**, *113*, 25–35, doi:<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.074>.
12. Zentner, Y.; Rovira, G.; Margarit, N.; Ortega, J.; Casals, D.; Medrano, A.; Pagès-Escalà, M.; Aspillaga, E.; Capdevila, P.; Figuerola-Ferrando, L.; et al. Marine protected areas in a changing ocean: Adaptive management can mitigate the synergistic effects of local and climate change impacts. *Biol. Conserv.* **2023**, *282*, 110048, doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110048>.
13. Neumann, B.; Vafeidis, A.T.; Zimmermann, J.; Nicholls, R.J. Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding—a global assessment. *PLoS One* **2015**, *10*, e0118571–e0118571, doi:10.1371/journal.pone.0118571.
14. Mori, A.S.; Dee, L.E.; Gonzalez, A.; Ohashi, H.; Cowles, J.; Wright, A.J.; Loreau, M.; Hautier, Y.; Newbold, T.; Reich, P.B.; et al. Biodiversity–productivity relationships are key to nature-based climate solutions. *Nat. Clim. Chang.* **2021**, *11*, 543–550, doi:10.1038/s41558-021-01062-1.
15. Hoppit, G.; Schmidt, D.N.; Brazier, P.; Mieszkowska, N.; Pieraccini, M. Are marine protected areas an adaptation measure against climate change impacts on coastal ecosystems? A UK case study. *Nature-Based Solut.* **2022**, *2*, 100030, doi:<https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2022.100030>.
16. Mestanza, C.; Saavedra, H.F.; Gaibor, I.D.; Zaquinaula, M.A.; Váscones, R.L.; Pacheco, O.M. Conflict and impacts generated by the filming of Discovery Channel's reality series “Naked and Afraid” in the Amazon: A Special case in the Cuyabeno Wildlife Reserve, Ecuador. *Sustain.* **2018**, *11*, doi:10.3390/su11010050.
17. Mestanza-Ramón, C.; Mora-Silva, D.; D'Orio, G.; Tapia-Segarra, E.; Gaibor, I.D.; Esparza Parra, J.F.; Chávez Velásquez, C.R.; Straface, S. Artisanal and Small-Scale Gold Mining (ASGM): Management and Socioenvironmental Impacts in the Northern Amazon of Ecuador. *Sustain.* **2022**, *14*.
18. Mora-Silva, D.; Segarra-Jiménez, E.; Medina-Ñuste, L. Comercio Ilícito de fauna en Sucumbíos: Un Desafío para la Conservación de la Vida Silvestre. *Green World J.* **2023**, *6*, 81, doi:10.53313/gwj62081.
19. Ramon, C.M.; Capa, M.S.; Garcia, A.C.; Gutierrez, M.J.; Villacís, M.T.; Velasco, A.A. Community Tourism In Ecuador: A Special Case In The Rio Indillama Community, Yasuni National Park. *Int. J. Eng. Res. Technol.* **2019**, *08*, 5.
20. Castillo-Vizuite, D.; Gavilanes-Montoya, A.; Chávez-Velásquez, C.; Benalcázar-Vergara, P.; Mestanza-Ramón, C. Design of nature tourism route in Chimborazo Wildlife Reserve, Ecuador. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 5293.
21. Ortega-Andrade, H.M.; Prieto-Torres, D.A.; Gómez-Lora, I.; Lizcano, D.J. Ecological and Geographical Analysis of the Distribution of the Mountain Tapir (Tapirus pinchaque) in Ecuador: Importance of Protected Areas in Future Scenarios of Global Warming. *PLoS One* **2015**, *10*, e0121137.
22. Moghal, Z.; O'Connell, E. Multiple stressors impacting a small island tourism destination–community: A nested vulnerability assessment of Oistins, Barbados. *Tour. Manag. Perspect.* **2018**, *26*, 78–88, doi:<https://doi.org/10.1016/j.tmp.2018.03.004>.
23. Raihan, A.; Muhtasim, D.A.; Farhana, S.; Pavel, M.I.; Faruk, O.; Rahman, M.; Mahmood, A. Nexus between carbon emissions, economic growth, renewable energy use,

- urbanization, industrialization, technological innovation, and forest area towards achieving environmental sustainability in Bangladesh. *Energy Clim. Chang.* **2022**, 100080, doi:https://doi.org/10.1016/j.egycc.2022.100080.
24. Wang, K.; Zhang, A. Climate change, natural disasters and adaptation investments: Inter- and intra-port competition and cooperation. *Transp. Res. Part B Methodol.* **2018**, *117*, 158–189, doi:https://doi.org/10.1016/j.trb.2018.08.003.
 25. Kanhai, G.; Fobil, J.N.; Nartey, B.A.; Spadaro, J. V; Mudu, P. Urban Municipal Solid Waste management: Modeling air pollution scenarios and health impacts in the case of Accra, Ghana. *Waste Manag.* **2021**, *123*, 15–22, doi:https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.01.005.
 26. Lin, B.; Ge, J. Carbon sinks and output of China's forestry sector: An ecological economic development perspective. *Sci. Total Environ.* **2019**, *655*, 1169–1180, doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.219.
 27. Branca, G.; Hissa, H.; Benez, M.C.; Medeiros, K.; Lipper, L.; Tinlot, M.; Bockel, L.; Bernoux, M. Capturing synergies between rural development and agricultural mitigation in Brazil. *Land use policy* **2013**, *30*, 507–518, doi:https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.04.021.
 28. Voudoukas, M.I.; Mentaschi, L.; Hinkel, J.; Ward, P.J.; Mongelli, I.; Ciscar, J.-C.; Feyen, L. Economic motivation for raising coastal flood defenses in Europe. *Nat. Commun.* **2020**, *11*, 2119, doi:10.1038/s41467-020-15665-3.
 29. Branco, V.V.; Cardoso, P. An expert-based assessment of global threats and conservation measures for spiders. *Glob. Ecol. Conserv.* **2020**, *24*, e01290, doi:https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01290.
 30. Yu, X. Biodiversity conservation in China: barriers and future actions. *Int. J. Environ. Stud.* **2010**, *67*, 117–126, doi:10.1080/00207231003683457.
 31. Dunn, C.P. Biological and cultural diversity in the context of botanic garden conservation strategies. *Plant Divers.* **2017**, *39*, 396–401, doi:https://doi.org/10.1016/j.pld.2017.10.003.
 32. Hillel, D.; Rosenzweig, C.B.T.-A. in A. The Role of Biodiversity in Agronomy. In; Academic Press, 2005; Vol. 88, pp. 1–34 ISBN 0065–2113.
 33. Jaiswal, K.K.; Chowdhury, C.R.; Yadav, D.; Verma, R.; Dutta, S.; Jaiswal, K.S.; SangmeshB; Karuppasamy, K.S.K. Renewable and sustainable clean energy development and impact on social, economic, and environmental health. *Energy Nexus* **2022**, *7*, 100118, doi:https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100118.
 34. Fonseca, C.R.; Paterno, G.B.; Guadagnin, D.L.; Venticinque, E.M.; Overbeck, G.E.; Ganade, G.; Metzger, J.P.; Kollmann, J.; Sauer, J.; Cardoso, M.Z.; et al. Conservation biology: four decades of problem- and solution-based research. *Perspect. Ecol. Conserv.* **2021**, *19*, 121–130, doi:https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.03.003.
 35. Sonter, L.J.; Dade, M.C.; Watson, J.E.M.; Valenta, R.K. Renewable energy production will exacerbate mining threats to biodiversity. *Nat. Commun.* **2020**, *11*, 4174, doi:10.1038/s41467-020-17928-5.
 36. Kolawole, O.D.; Hambira, W.L.; Gondo, R. Agrotourism as peripheral and ultraperipheral community livelihoods diversification strategy: Insights from the Okavango Delta, Botswana. *J. Arid Environ.* **2023**, *212*, 104960, doi:https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2023.104960.
 37. Poma, P.; Usca, M.; Polanco, M.; Toulkeridis, T.; Mestanza-Ramón, C. Estimation of biogas generated in two landfills in south-central Ecuador. *Atmosphere (Basel)*. **2021**, *12*, doi:10.3390/atmos12101365.
 38. Carlos, M.-R.; Straface, S.; D'Orio, G. Gold mining in Ecuador: Innovative recommendations for the management and remediation of mercury-contaminated waters. **2021**.
 39. Maestro, M.; Pérez-Cayeyro, M.L.; Chica-Ruiz, J.A.; Reyes, H. Marine protected areas in the 21st century: Current situation and trends. *Ocean Coast. Manag.* **2019**, *171*, 28–36, doi:https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.01.008.

40. Amiri, A.; Emami, N.; Ottelin, J.; Sorvari, J.; Marteinson, B.; Heinonen, J.; Junnila, S. Embodied emissions of buildings – A forgotten factor in green building certificates. *Energy Build.* **2021**, *241*, 110962, doi:10.1016/j.enbuild.2021.110962.
41. Benites-Lazaro, L.L.; Andrade, C.B.T.–R.M. in E.S. and E.S. Clean Development Mechanism: Key Lessons and Challenges in Mitigating Climate Change and Achieving Sustainable Development. In: Elsevier, 2019 ISBN 978-0-12-409548-9.
42. Alarcón Borges, R.Y.; Pérez Montero, O.; Tejera, R.G.; Silveira, M.T.; Montoya, J.C.; Hernández Mestre, D.; Vazquez, J.M.; Mestanza-Ramon, C.; Hernandez-Guzmán, D.; Milanes, C.B. Legal Risk in the Management of Forest Cover in a River Basin San Juan, Cuba. *Land* **2023**, *12*.
43. Blanco, V.; Brown, C.; Holzhauer, S.; Vulturius, G.; Rounsevell, M.D.A. The importance of socio-ecological system dynamics in understanding adaptation to global change in the forestry sector. *J. Environ. Manage.* **2017**, *196*, 36–47, doi:https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.02.066.
44. Blondel, J. The “design” of Mediterranean landscapes: A millennial story of humans and ecological systems during the historic period. *Hum. Ecol.* **2006**, *34*, 713–729, doi:10.1007/s10745-006-9030-4.
45. Montero, O.P.; Batista, C.M. Social perception of coastal risk in the face of hurricanes in the southeastern region of Cuba. *Ocean Coast. Manag.* **2020**, *184*, 105010, doi:https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.105010.
46. Sahoo, G.; Majid Wani, A.; Prusty, M.; Ray, M. Effect of globalization and climate change on forest – A review. *Mater. Today Proc.* **2021**, doi:https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.06.113.
47. Mooser, A.; Anfuso, G.; Mestanza, C.; Williams, A.T. Management implications for the most attractive scenic sites along the Andalusia coast (SW Spain). *Sustain.* **2018**, *10*, doi:10.3390/su10051328.
48. Zoppi, C. Ecosystem Services, Green Infrastructure and Spatial Planning. *Sustain.* **2020**, *12*.
49. Pollock, L.J.; Thuiller, W.; Jetz, W. Large conservation gains possible for global biodiversity facets. *Nature* **2017**, *546*, 141–144, doi:10.1038/nature22368.
50. Sumanapala, D.; Wolf, I.D. Think globally, act locally: Current understanding and future directions for nature-based tourism research in Sri Lanka. *J. Hosp. Tour. Manag.* **2020**, *45*, 295–308, doi:https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2020.08.009.
51. Costello, M.J. Biodiversity Conservation Through Protected Areas Supports Healthy Ecosystems and Resilience to Climate Change and Other Disturbances. In: DellaSala, D.A., Goldstein, M.I.B.T.–I.T.E. of C., Eds.; Elsevier: Oxford, 2022; pp. 423–429 ISBN 978-0-12-821139-7.
52. Chung, M.G.; Dietz, T.; Liu, J. Global relationships between biodiversity and nature-based tourism in protected areas. *Ecosyst. Serv.* **2018**, *34*, 11–23, doi:https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.09.004.
53. Zoungrana, A.; De Cannière, C.; Cissé, M.; Bationo, B.A.; Traoré, S.; Visser, M. Does the social status of farmers determine the sustainable management of agroforestry parklands located near protected areas in Burkina Faso (West Africa)? *Glob. Ecol. Conserv.* **2023**, *44*, e02476, doi:https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02476.
54. Mammides, C. A global analysis of the drivers of human pressure within protected areas at the national level. *Sustain. Sci.* **2020**, doi:10.1007/s11625-020-00809-7.
55. Ravenel, R.M.; Redford, K.H. Understanding IUCN protected area categories. *Nat. AREAS J.* **2005**, *25*, 381–389.
56. Goñi, R.; Adlerstein, S.; Alvarez-Berastegui, D.; Forcada, A.; Reñones, O.; Criquet, G.; Polti, S.; Cadiou, G.; Valle, C.; Lenfant, P. Spillover from six western Mediterranean marine protected areas: evidence from artisanal fisheries. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **2008**, *366*, 159–174.
57. Smallhorn-West, P.F.; Weeks, R.; Gurney, G.; Pressey, R.L. Ecological and socioeconomic impacts of marine protected areas in the South Pacific: assessing the

- evidence base. *Biodivers. Conserv.* **2020**, *29*, 349–380, doi:10.1007/s10531-019-01918-1.
58. Cazalis, V.; Princé, K.; Mihoub, J.; Kelly, J.; Butchart, S.; Rodrigues, A. Effectiveness of protected areas in conserving tropical forest birds. *Nat. Commun.* **2020**, *11*, 29.
59. Ramón, C.M.; Villacís, M.A.T.; García, A.E.C. Tortugas Charapa un aporte para el turismo comunitario y conservación de la biodiversidad. *Explor. Digit.* **2020**, *4*, 55–65.
60. Ramon, C.M.; García, Á.E.C.; Gutiérrez, M.Y.J.; Bolaños, A.N.C. Disposición a pagar por el ingreso a zonas de uso público en el Parque Turístico “Nueva Loja”, Sucumbíos–Ecuador. *Polo del Conoc. Rev. científico-profesional* **2019**, *4*, 67–82.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ARTÍCULO XXXXXXXXX

Análisis de Mercados de Carbono en el Ecuador y Cambio Climático

Isabel Domínguez-Gaibor^{1,2} 

Belén Flores Andrade¹ 

Leonardo Cabezas¹ 

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, El Coca EC220001, Ecuador;

² Grupo de Investigación Ambiental y Desarrollo – GIADE, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.

✉ Correspondencia: norma.dominguez@esPOCH.edu.ec ☎ +593 99 057 885

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62077>

Resumen: El cambio climático en la actualidad es uno de los problemas más grandes que enfrenta la humanidad, debido a las emisiones descontroladas de Gases de Efecto Invernadero (GEI). El objetivo de esta investigación fue analizar el cambio y mercados de carbono en el Ecuador, a través de un balance y perspectivas actuales y de esta manera, generar estrategias y futuros posibles compromisos entre los principales emisores de carbono. El análisis se llevó a cabo a través de una revisión bibliográfica en diferentes documentos especializados, la misma que permitió comparar, examinar e identificar la información recolectada. Se estableció que los mercados de carbono son uno de los mecanismos planteados por el Protocolo de Kyoto (PK) para combatir y frenar las consecuencias del cambio climático. A nivel del Ecuador se logró conocer el balance y perspectivas frente a este mercado por medio del Portafolio Indicativo el cual contiene 31 proyectos financiados de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) que se han generado en el país diferenciando cuatro áreas distintas. Se plantearon estrategias encaminadas a fomentar el desarrollo sostenible y lograr una mayor participación del Ecuador en este mercado a nivel internacional. De la misma manera, se trazaron compromisos que son posibles entre el Ecuador y los principales países emisores de carbono como Estados Unidos y Canadá. Se concluye que el mercado de carbono es una alternativa viable para mitigar el cambio climático, ya que establece compromisos entre los países desarrollados en cuanto a reducción de emisiones y que los países en desarrollo pueden contribuir con proyectos de desarrollo sostenible. Se recomienda que se creen espacios regionales de información transparente sobre los mercados de carbono, sus mecanismos de implementación, los retos que conlleva y las potencialidades para los países que participen.

Palabras claves: Mecanismo de desarrollo limpio; protocolo de Kyoto; gases de efecto invernadero; estrategias; portafolio indicativo.

Possible effects of climate change on amphibians in the Ecuadorian Amazon

Abstract: Climate change is currently one of the biggest problems facing humanity, due to uncontrolled emissions from Greenhouse Gases (GHG). The aim of this research was to analyze carbon change and carbon markets in Ecuador, through a balance and current perspectives, and in this way, to generate strategies and possible future commitments among the main carbon emitters. The analysis was carried out through a bibliographic review in different specialized documents, which allowed to compare, examine, and identify the information collected. It was established that carbon markets are



Cita: Domínguez-Gaibor, I., Flores Andrade, B., & Cabezas, L. (2023). Análisis de Mercados de Carbono en el Ecuador y Cambio Climático. Green World Journal, 06(02), 077. <https://doi.org/10.53313/gwj62077>

Received: 01/jun /2023

Accepted: 18/jul /2023

Published: 04/aug /2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal.
This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

one of the mechanisms proposed by Kyoto Protocol (KP) to combat and curb the consequences of climate change. At the Ecuadorian level, it was possible to know the balance and perspectives against this market through the Indicative Portfolio which contains 31 projects financed Clean Development Mechanism (CDM) that have been generated in the country, differentiating between four areas. Strategies aimed at promoting sustainable development and achieving greater participation of Ecuador in this market at the international level were proposed. In the same way, commitments were drawn up that are possible between Ecuador and main carbon emitting countries such as the United States, Japan, the United Kingdom, and Canada. It is concluded that the carbon market is a viable alternative to mitigate climate change, as it establishes commitments between developed countries in terms of emission reduction and that developing countries can contribute with sustainable development projects, so that Ecuador can obtain not only environmental but also economic benefits by participating in this market.

Keywords: Clean development mechanism; kyoto protocol; greenhouse gases; strategies; indicative portfolio.

1. Introducción

Desde su origen, el planeta Tierra ha ido continuamente evolucionando, de modo que se ha hecho evidente a través de las eras geológicas y la evolución de miles de especies [1]. Sin embargo, ha surgido un proceso acelerado de Cambio Climático (CC) que, según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) se debe a las actividades que llevan a cabo los seres humanos [2]. Entre las principales actividades se encuentran: la ganadería, deforestación, transporte, minería y uso de productos perjudiciales para la salud del hombre y el ambiente [3,4]. Adicional, el consumo desmedido de combustibles fósiles que emanan dióxido de carbono (CO_2), principal gas responsable del efecto invernadero [5]. Cabe señalar que también, contribuyen a la escasez de agua, contaminación de océanos, destrucción de ecosistemas y extinción de especies [6].

Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) van creciendo considerablemente desde que inició la Revolución Industrial [7]. Éstos absorben radiación calorífica en longitudes largas de onda, lo que produce el calentamiento de la Tierra, manteniendo el nivel medio de temperatura en la superficie del planeta, esencial para la vida [6]. Entre estos están: dióxido de carbono, vapor de agua, metano, óxidos de nitrógeno, ozono, aerosoles y productos halocarbonados [8]. En este contexto, los GEI son por un lado, indispensables para mantener un equilibrio natural en la Tierra, pero por el otro, resultan ser un problema cuando aumenta su concentración en la atmósfera, incrementando la temperatura en el planeta [7].

Específicamente, el dióxido de carbono (CO_2), representa un 76% del total de los GEI, siendo el gas que más contribuye al calentamiento global, ya que se manifiesta como resultado del consumo de combustibles fósiles y la deforestación [9]. No obstante, se evidencian aumentos en las concentraciones de otros gases como el metano (CH_4), que se genera como consecuencia de las actividades agropecuarias; el óxido nitroso (NO_2), derivado por el uso de agroquímicos empleados en la agricultura; los clorofluorocarbonados (CFCs) y el ozono (O_3) [5].

La velocidad con la que el CC se ha desarrollado es una realidad social que pone en peligro crítico a diferentes ecosistemas, en los últimos 150 años, la temperatura media a alcanzado 1 °C en Europa y 0,8 °C en el resto del mundo [10]. En la actualidad, estas cifras son preocupantes, ya que 15 de los 16 años más calurosos se evidenciaron después del 2001, específicamente, en el año 2015 se registraron temperaturas más altas desde que éstas empezaron a ser contabilizadas, en 1850 [9].

En el Ecuador, existen datos oficiales que evidencian el aumento de por lo menos 1 °C en las diferentes regiones que lo conforman, pues en los últimos 30 años se han perdido el 40% de los glaciares [11]. Adicional, de las 7 coberturas glaciares que se encuentran en el país 2 de

ellas están en peligro inminente, por ejemplo, el Carihuairazo, que entre 1956 y 2018 ya ha perdido el 92% de su casquete glaciar [12].

Ante la evidencia de que las actividades de los seres humanos están directamente relacionadas con el calentamiento global, por las emisiones de GEI, específicamente el CO₂, los países están dispuestos a establecer políticas y leyes que contribuyan a disminuir dichas emisiones [13]. Por lo que se desarrolló en 1992 la Cumbre de la Tierra en Río [14]. En esta cumbre, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), reconoce este problema y realiza el compromiso por parte de los participantes para crear acciones con el objetivo de afrontar y reprimir sus efectos [15].

En 1997, en la tercera Conferencia de las Partes (COP), se crea el Protocolo de Kioto (PK), pilar fundamental sobre la política internacional del clima [16]. En este protocolo, se disponen metas de reducción de emisiones con los principios ya planteados a aquellos países desarrollados, obligándolos a cumplir jurídicamente con los objetivos establecidos, uno de ellos es reducir la emisión de GEI, incorporando tres mecanismos: el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), Intercambio de Emisiones y Aplicación Conjunta (AC) [17].

Con lo anteriormente mencionado, surge el mercado de carbono, siendo una alternativa y un compromiso que pretenden conseguir los países en conjunto con sus legislaciones, industrias e individuos para disminuir las emisiones de GEI [18]. Específicamente, los mercados de carbono son sistemas comerciales en los que se venden y compran bonos de carbono [19]. Éstos funcionan a nivel mundial bajo el esquema: voluntario y regulado, cabe destacar que, cada región y país han llevado a cabo sistemas propios que se encaminan a garantizar las pautas de los dos esquemas principales [13].

En el Ecuador, el mercado de carbono aún está en construcción, el artículo 74 de la Constitución del 2008, decreta que *“... Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso, y aprovechamiento serán regulados por el Estado”* como sí lo permite el mercado de carbono [20]. Es así que, las transacciones de bonos de carbono están restringidas, aunque sí se han aprovechado planes de compensación ambiental, bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), como inversiones dirigidas a procesos de energía y residuos, recibiendo pagos por la emisión de Certificados de Reducción de Emisiones (CER, por sus siglas en inglés) [21].

Actualmente, el Ecuador, pretende a través del Programa “Ecuador Carbono Cero”, fomentar iniciativas de manejo sostenible, producción más limpia, conservación de ecosistemas, restauración y eficiencia energética, con el objetivo que se involucren comunidades, sectores público y privado frente a esfuerzos y metas nacionales de CC [22]. Asimismo, este programa tiene intenciones de compensar económicamente a aquellos proyectos que aspiren a reducir las emisiones de GEI, de esta manera se les otorgará certificados que respalden la disminución de la huella de carbono [21].

El objetivo de la presente investigación fue analizar al CC y mercados de carbono en el Ecuador, así también se estableció la relación entre el CC y mercados de carbono, el balance y perspectivas actuales a nivel nacional. Finalmente, se reúnen elementos necesarios para establecer estrategias y posibles compromisos con los principales emisores de carbono. Esta investigación se llevó a cabo sobre la base de una revisión bibliográfica de documentos (libros, artículos científicos, tesis, manuales e informes oficiales), que se analizaron en tres niveles: 1) La relación entre el CC y los mercados de Carbono; 2) Balance y perspectivas actuales de los

mercados de carbono en el Ecuador; 3) Estrategias y posibles compromisos entre los principales emisores de carbono.

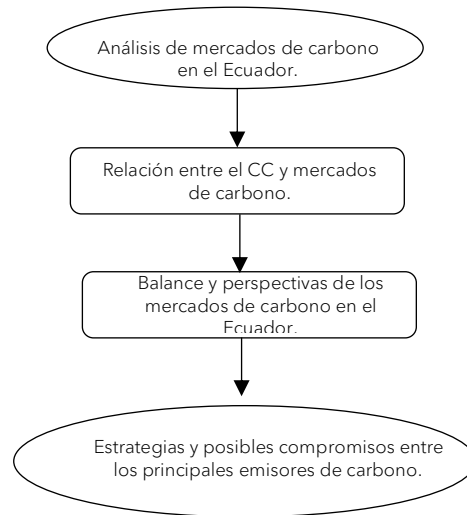


Figura 1. Flujo de procedimientos y opciones metodológicas para este estudio.

2. Área de estudio

La República del Ecuador, es un país ubicado sobre la línea ecuatorial, en la región noroccidental de América del Sur (Figura 1), ocupa un área de 256 370 km² [23]. Limita al norte con Colombia; al sur y este con Perú y al oeste con el Océano Pacífico [24]. Está compuesto por 24 provincias distribuidas en 4 regiones geográficas altamente diferenciadas: Costa, Sierra, Amazonía y la Insular Galápagos ubicada a 972 km de la costa pacífica [24]. Cabe mencionar que su capital es Quito, está situada a 2850 m en el altiplano andino, mientras que la ciudad más grande, Guayaquil se ubica en la costa del Pacífico [25]. Además, es el décimo país más poblado de América, con más de 18 millones de habitantes [26].

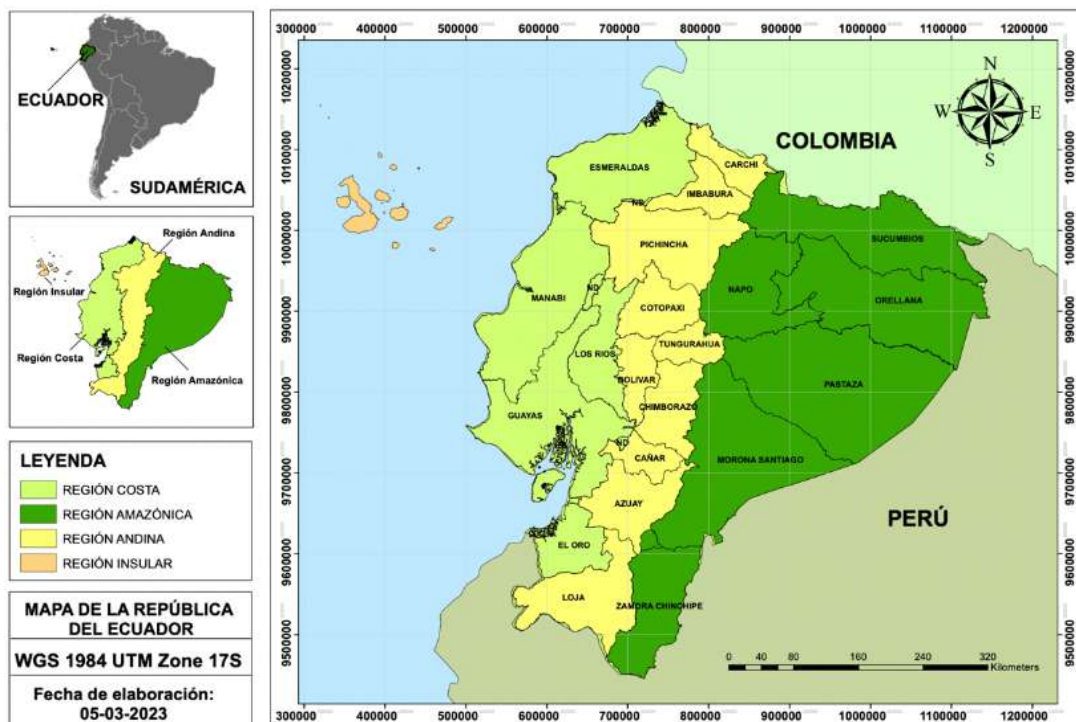


Figura 1. Área de estudio.

3. Resultados

3.1. Relación entre el cambio climático y los Mercados de Carbono

3.1.1. Gases de Efecto Invernadero

Los GEI son todos aquellos gases que se encuentran en la atmósfera, absorben radiaciones infrarrojas, éstos pueden ser de origen natural o antropogénico; entre los principales se encuentran: dióxido de carbono (CO_2), ozono (O_3), óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4) y el vapor de agua (H_2O) [9]. Estos gases son fundamentales para mantener el equilibrio en la atmósfera, pero cuando su concentración incrementa se genera un aumento de la temperatura en la superficie terrestre, dificultando la dispersión de energía y como consecuencia genera más calor [27].

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) distingue 7 gases como los causantes principales del efecto invernadero, aunque, son 3 (Tabla 1) los que más sobresalen, debido a que se mantienen en la atmósfera durante años e incluso siglos, por lo que intervienen sobre el clima a largos plazos [5]. Sin embargo, es importante reconocer que, si las emisiones de GEI se detuvieran inmediatamente, la temperatura continuará elevada durante décadas en vista de su almacenamiento en el pasado [9]. En este sentido, en la Tabla 1, se describen los 3 principales gases causantes del efecto invernadero.

Tabla 1. Gases de Efecto Invernadero y su efecto en la Tierra [9].

Gas de Efecto Invernadero	Efecto en la Tierra en altas concentraciones
Dióxido de carbono (CO_2)	Principalmente surge por la extracción y quema de combustibles fósiles en conjunto con la deforestación, siendo el GEI que más ha contribuido al calentamiento global. Este gas representa el 76% del resto de gases. Además, puede perdurar de 50 a 200 años en la atmósfera.
Metano (CH_4)	Se genera por la descomposición de la materia orgánica en entornos con escasa concentración de oxígeno, en la extracción de combustibles minerales, fermentación entérica de rumiantes, cultivo de arroz. Este gas calienta 21 veces más que el CO_2 . Permanece en la atmósfera 12 años, corresponde al 16% de emisiones.
Óxido nitroso (N_2O)	Se deriva del uso de agroquímicos en la agricultura, éstos generan el gas en las reacciones químicas con las bacterias del suelo. Este gas calienta la Tierra 310 veces más que el CO_2 , en la atmósfera puede durar hasta 114 años, representa un 6% de las emisiones, aunque en los últimos años ha aumentado por el uso de fertilizantes nitrogenados en la actividad agrícola.

3.1.2. Cambio climático

El cambio climático se define como la variación del clima y las temperaturas de la Tierra que alteran los ecosistemas y produce cambios a causa de la actividad humana de manera directa o indirecta [8]. En concreto, es un fenómeno ambiental que trae consigo profundas consecuencias tanto económicas como sociales, esto se debe a los impactos que genera, pues influyen en la falta de agua potable, la sequía de fuentes hídricas, incremento de desastres naturales, olas de calor, inundaciones y cambios en la producción de alimentos [28].

En este sentido, se ha generado una preocupación mundial, ya que las consecuencias son evidentes, sequías y lluvias prolongadas, aumento del nivel del mar, alteraciones en los ecosistemas, desastres naturales frecuentes, son los principales problemas [28]. En efecto, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) firmó para estabilizar la emisión de GEI en los países desarrollados, con el fin de que establezcan medidas para prevenir y mitigar dichas consecuencias [15]. Es así que, a través de reuniones posteriores crean el PK, en el cual se estructuran los mercados de carbono y en el que se determinan tanto objetivos de reducción de emisiones para los países industrializados, como mecanismos de mercado encaminados a aminorar los costos de su implementación [29].

Una vez que la CMNUCC reconoció el problema de CC por acciones de los seres humanos, ratifica la liberalización del comercio como alternativa que se encamina hacia un desarrollo sostenible [15]. De esta manera, la CMNUCC responde a varios principios, entre ellos el del financiamiento climático, denominado “principio de responsabilidades compartidas” que reconoce *“que la naturaleza mundial del cambio climático requiere de la cooperación más amplia de todos los países y participación en una respuesta internacional efectiva y apropiada, de conformidad con sus responsabilidades comunes pero diferenciadas, sus capacidades respectivas y sus condiciones sociales y económicas”* [30].

3.1.3. Nacimiento del Mercado de Carbono

3.1.3.1. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

La CMNUCC fue firmada en 1992 en la Cumbre de Río, establece que la responsabilidad recae sobre las naciones desarrolladas, por la mayor fuente de emisiones de GEI que han generado sus grandes industrias y, en ese sentido, se espera que sean quienes apoyen significativamente a reducir las emisiones en sus territorios [31]. Los países industrializados (ver Tabla 2) deberán informar de manera regular las medidas y políticas adoptadas en cuanto a CC; los países en desarrollo (aquellos que no se incluyen en la Tabla 2) también deberán informar sobre sus medidas tanto para enfrentar al CC como para adaptarse a sus efectos [32].

Esta Convención estableció la Conferencia de las Partes (COP), un órgano supremo que toma decisiones y, además, examina, evalúa y realiza sugerencias en lo que se refiere a obligaciones de las partes, trasladar recursos financieros y facilitar la cooperación, siendo indispensables para la Convención [33].

3.1.3.2. Protocolo de Kyoto

En la tercera COP realizada en Kioto, Japón surgió el Protocolo de Kioto (PK), siendo el primer acuerdo para reducir las emisiones, a través de mecanismos de flexibilidad y compromisos por parte de los países que pertenecen al Anexo I (Tabla 2) [34].

Tabla 2. Países con objetivos vinculantes del Protocolo de Kioto en 1998 [31].

Alemania	Islandia
Australia	Italia
Austria	Japón
Belarús ^a	Letonia ^a
Bélgica	Lituania ^a
Bulgaria ^a	Liechtenstein
Canadá	Luxemburgo
Croacia ^a	Mónaco

Comunidad Económica Europea	Noruega
Dinamarca	Nueva Zelandia
Eslovaquia ^a	Países Bajos
Eslovenia ^a	Polonia ^a
España	Portugal
Estados Unidos de América	Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte
Estonia ^a	República Checa ^a
Federación de Rusia ^a	Rumania ^a
Finlandia	Suecia
Francia	Suiza
Grecia	Turquía
Hungría ^a	Ucrania ^a
Irlanda	
^a Países que están en proceso de transición a una economía de mercado.	

El PK fue adoptado en 1997, pero entró en vigor 8 años más tarde en el 2005, esto debido a un proceso largo de ratificación de las partes que lo constituyen [29]. A su vez, el PK consta de dos períodos: el primero, que va desde 2008 hasta el 2012, fijando el compromiso de reducción de emisiones de GEI en al menos el 5% con relación al año 1990; el segundo, comenzó en el 2013 con la Enmienda de Doha y finalizó en el 2020, en este período el compromiso fue reducir al menos 18% de las emisiones de GEI con referencia a 1990 nuevamente [35]. Así también, en el PK se incorporaron tres mecanismos de flexibilidad: Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), Comercio de Emisiones (CE) y de Aplicación Conjunta (AC), para que los países puedan alcanzar los objetivos trazados bajo este acuerdo [15].

3.1.3.2.1. Aplicación Conjunta

La Aplicación Conjunta (AC), es un mecanismo planteado en el PK, ésta concede a los países industrializados efectuar parte de sus obligaciones de reducir sus emisiones de GEI, por medio de pagos a proyectos que recorten las emisiones en otros países industrializados [31]. Para el funcionamiento de los proyectos de mecanismo de AC, se deberán cumplir condiciones previstas en el Protocolo en cuanto a inventarios exactos de las emisiones de GEI y registros en los que estén detalladas las unidades y créditos de emisión [36].

3.1.3.2.2. Comercio de Emisiones

El Comercio de Emisiones (CE), es un mecanismo del PK, en el que se compra, se vende o se transfiere unidades de reducción de emisiones y montos asignados anualmente entre países desarrollados y, que se encuentran en economías en transición que conforman el Anexo I (Tabla 2), con el fin de cumplir los objetivos acordados [37].

3.1.3.2.3. Mecanismos de Desarrollo Limpio

El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), se basa en la realización de proyectos en países en desarrollo, en el que se produzcan un ahorro agregado de emisiones en el supuesto caso de haber ocupado tecnología convencional, estos proyectos pueden ser de reforestación, eficiencia energética o energía renovable [38]. Es decir, los países desarrollados al lograr reducir sus emisiones de GEI se podrán beneficiar de proyectos que generen Certificados de Reducción de

Emisiones (CER), alcanzando el desarrollo sostenible por medio de la transferencia de tecnologías limpias [36].

3.1.4. Mercados de Carbono

El mercado de carbono es un sistema de comercio, mediante el cual los individuos, empresas o gobiernos podrán vender o comprar unidades de reducción de GEI, con esto se busca mitigar el CC, fomentar la transferencia de tecnología y la contribución hacia el desarrollo sostenible [39].

3.1.4.1. Mercados de carbono regulados

Es el mercado principal de carbono, de cumplimiento obligatorio en el que los volúmenes y valores que se transaccionan son mayores [40]. Este mercado se lleva a cabo en base a leyes y normas que se firmaron en el PK con gobiernos, entidades, tanto internacionales, como financieras y consultoras, que serán responsables de presentar proyectos que contribuyan a reducir emisiones de CO₂ [41].

3.1.4.2. Mercados de carbono voluntarios

Este mercado se caracteriza por no tener obligaciones en cumplir objetivos de reducción de emisiones del PK, pero que, de manera voluntaria, organizaciones e individuos por su propia iniciativa intentan responsabilizarse de sus emisiones de GEI [13]. Las transacciones que se realizan son compras de créditos de compensación de emisiones por parte de organizaciones e individuos a proyectos que reduzcan estas emisiones [42].

3.1.4.3. Mecanismos de compra – venta

3.1.4.3.1. Vendedores

Los vendedores son aquellos que producen créditos de CO₂, debido a que sus emisiones son mínimas, por un lado, mientras que, por el otro, son también promotores de proyectos de reducción de emisiones [43].

3.1.4.3.2. Compradores

Los compradores son aquellas organizaciones, empresas e individuos que se encuentran en países con índices altos de contaminación y compran los créditos de carbono para poder cumplir los límites establecidos en sus países respectivos [43].

3.1.4.3.3. Intermediarios

Los intermediarios proporcionan el intercambio entre vendedores y compradores, así pues, facilitan la compra – venta de permisos y certificados, ya que éstos compran las toneladas de CO₂, para luego ser vendidos en dependencia de las necesidades de los compradores [43].

3.1.4.3.4. Precios

En la actualidad, no existen precios referenciales establecidos de las toneladas de CO₂ que se comercializan, esto varía según el tipo de mercado y las características que cada uno posee, así también, se toman en consideración varios elementos que son determinantes en el precio del carbono como, los cambios legislativos en cada nación y las regulaciones por parte de organismos internacionales [44].

3.2. Balance y perspectivas actuales de los Mercados de Carbono en el Ecuador

3.2.1. Mercado de Carbono en el Ecuador

El mercado de carbono en el Ecuador está presente desde el año 2003, desde entonces se desarrollan proyectos bajo el MDL que han estado en crecimiento constante [41]. En este sentido, se han destinado planes de compensación ambiental, bajo el MDL se otorgaron 33 proyectos entre el 2006 y 2021, éstos percibieron retribuciones por la emisión de CERs (Figura 2; Tabla 3), en inversiones encaminadas a procesos de residuos y energía [22].

El MDL, contribuye con los objetivos de desarrollo sostenible de diferentes maneras como: prioridades en inversiones de proyectos que se encaminan a cumplir metas de desarrollo sostenible, incentivos al sector público y privado para su participación activa, impulso de economías que prioricen tecnologías amigables con el ambiente (sustitución de tecnologías basadas en combustibles fósiles) [43].

El Ecuador a nivel mundial emite un porcentaje de 0,15% de emisiones de GEI que son producto de los principales sectores productivos como: el sector energía, cambio del uso de suelo, uso del suelo y silvicultura, agricultura, procesos industriales y residuos [45].

Tabla 3. Distribución de emisiones netas por sectores productivos en el año 2012 [45].

Sectores productivos	Porcentaje de GEI (%)
Energía	46,63
Cambio de uso de suelo, uso de suelo y silvicultura	25,35
Agricultura	18,17
Procesos industriales	5,67
Residuos	4,19

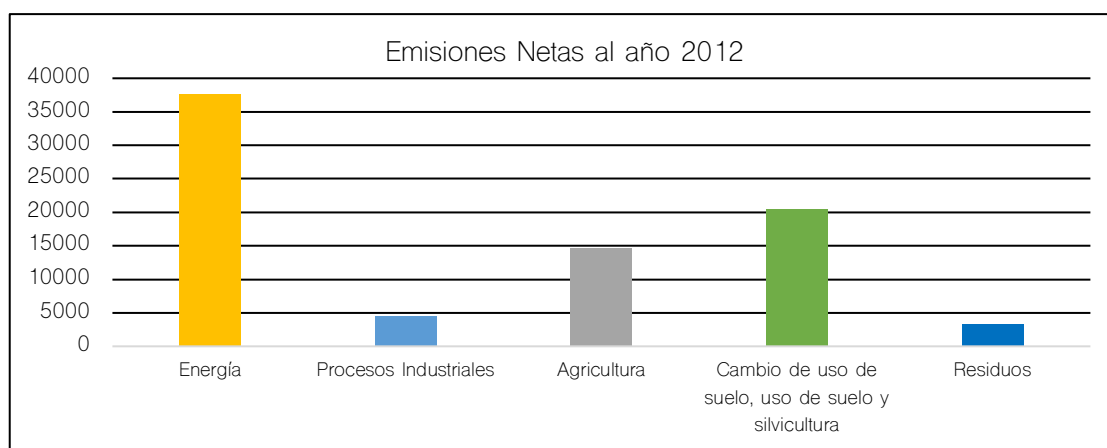


Figura 2. Emisiones netas del año 2012 [46].

En este sentido, pese a la insignificancia de sus emisiones el país ha hecho el compromiso de disminuir estas cifras en el período 2020 – 2025, estableciendo líneas estratégicas planteadas en la ENCC [45].

A pesar de lo descrito anteriormente, el Ecuador no cuenta con un mercado de carbono a nivel nacional, pero tiene la posibilidad de participar en un mercado internacional, a través de la oferta de proyectos que reduzcan o eviten la emisión de GEI usando la metodología MDL [15]. La CMNUCC lo considera como un país en desarrollo, resultando ser altamente vulnerable a los efectos del CC y con ello, consecuencias económicas debido a su condición de economía primaria exportadora [47].

Es así que, el Ecuador ratificó el Acuerdo de París en el año 2017, pero fue recién en marzo del 2019 que presentó su contribución determinada a nivel nacional (NDC) a la CMNUCC; el objetivo es reducir las emisiones de GEI (Tabla 4) en los sectores de industrias, residuos, energía y agricultura en un 9%, también reducir un 4% más en el cambio de uso del suelo [48]. Actualmente, son 31 proyectos financiados bajo el MDL, de los cuales 15 son para hidroeléctricas, 3 para bioenergía y 2 para energía eólica, siendo el Ecuador el décimo país a escala mundial con el mayor número de proyectos hidroeléctricos MDL [49].

Tabla 4. Distribución de emisiones netas por sectores productivos en el año 2012 [50].

Tipo de proyecto	Cantidad	Participación (%)
Biogás	2	6,45
Biogás – relleno sanitario	1	3,23
Biomasa – energía	3	9,68
Captura de metano	5	16,13
Disposición final y manejo de desechos	1	3,23
Eficiencia energética	1	3,23
Eólico	2	6,45
Hidroeléctrico	15	48,39
Solar	1	3,23

3.2.1.1. Desarrollo Energético Limpio

En el Portafolio Indicativo constan un total de 15 proyectos para hidroeléctricas, siendo el Ecuador el décimo país a escala mundial con el mayor número de proyectos hidroeléctricos MDL [49]. Es importante mencionar, los avances en la producción de biocombustibles que se realiza en la Isla Floreana, en la que emplea el aceite de piñón enés del diésel para la generación termoeléctrica, así también la construcción de los parques eólicos como los de Villonaco, San Cristóbal y Baltra [49].

El proyecto MDL que se realiza en la Isla Floreana, San Cristóbal y Baltra, contribuyen al desarrollo sustentable en el Ecuador, ya que reducen las emisiones de CO₂ al emplear energía fotovoltaica y eólica al reemplazar el combustible fósil que se usa para la generación de electricidad en las islas Galápagos [50].

Cabe mencionar en esta sección, a la empresa azucarera El Ingenio Valdez que se encuentra en la provincia del Guayas, ésta implementó la Planta de Cogeneración de Bagazo Ecoelectric-Valdez, que consiste en el uso del bagazo para generar energía eléctrica [15]. Los beneficios

que la empresa obtuvo con la implementación del proyecto no fueron solo ambientales sino también económicos, ya que eliminó el uso de combustibles fósiles y, además, la empresa generó ingresos anuales a través de la venta de los CERs que fueron emitidos [15].

3.2.1.2. Cambio en el uso de la Tierra

En este sector, se necesitan cumplir ciertos requisitos para que un proyecto pueda ser validado como MDL, tales como: el fin del proyecto será desarrollar un bosque, contribuir al desarrollo sostenible del país, las actividades de reforestación deben ser en lugares que se hayan deforestado antes del 31/12/1989, el país debe desarrollar una definición de bosque para fines MDL [15]. En este contexto, a nivel internacional los proyectos presentados han sido rechazados debido al incumplimiento de estos requisitos.

El sector forestal en el Ecuador presenta obstáculos para el desarrollo de los proyectos MDL, debido a la fragmentación de predios con diferentes propietarios, que conlleva problemas en cuanto al manejo de conflictos y convalidaciones, la falta de información y experiencia [43]. A pesar de los problemas a nivel internacional, se trabaja a nivel nacional pues, se desarrollaron 3 iniciativas: El Programa Socio Bosque, El Sistema Nacional de Áreas Protegidas y El Programa de Reforestación con fines Comerciales, cada uno de ellos se implementó con el objetivo de proteger los bosques en medida que se combate con el CC, construyendo posibilidades para potencializar la participación del Ecuador en los mercados de carbono [50].

3.2.1.3. Desarrollo Urbano Limpio

Esta categoría se divide en dos ámbitos: el primero, proyectos encaminados a mejorar la gestión de residuos sólidos y líquidos urbanos por medio del aprovechamiento del metano generado en los rellenos sanitarios; y el segundo, proyectos dirigidos a la gestión del transporte urbano colectivo [15]. Actualmente este sector tiene 6 proyectos presentados, pero sólo uno registrado, se trata del botadero de Zambiza en Quito [50].

El botadero de Zambiza emite CERs desde 2009, ya que se realizaron trabajos para la recuperación, recolección y tratamiento de los gases emitidos, este proyecto es el primero registrado como MDL y que hasta el año 2012 se encontraba quemando biogás con un 19% de metano [51].

En cuanto al desarrollo de proyectos sobre residuos sólidos municipales se enlista una serie de barreras que impiden la aplicación de estos, tales como falta de infraestructura de los rellenos sanitarios, inexistencia de cultura para la gestión de estos residuos, falta de financiamiento e información para este tipo de proyectos [15].

3.2.1.4. Procesos Industriales Limpios

El Portafolio Indicativo presenta 9 proyectos que están divididos en el sector agroindustrial y petrolero, 3 de ellos involucran procesos para reducir el metano en la gestión de desechos animales en granjas porcinas, otros 2 proyectos que se relacionan con la extracción en industrias cerveceras y 1 que implica la extracción de aceite de palma [43].

3.2.1.4.1. Sector petrolero

En este sector existen opciones rentables que se pueden desarrollar con la optimización del gas asociado, usándolo como combustible para generar electricidad en vez del diésel o también como materia prima para producir Gas Licuado de Petróleo (GLP) [50]. Aunque, hay que resaltar los principales problemas como: económicos con altos costos de inversión y operatividad; tecnológicos como la importación de insumos; asimetrías de información, ya que las instituciones

no conocen beneficios y finalmente, el miedo al cambio [15]. Petroamazonas, empresa pública ecuatoriana dedicada a la explotación petrolera llevó a cabo un proyecto MDL, éste consistió en la implementación de tecnologías que por medio del gas que se quema en los mecheros de los campos petroleros lograran generar energía eléctrica, reemplazando el uso de diésel, promoviendo el uso eficiente de los recursos naturales no renovables [46].

3.2.1.4.2. Sector agroindustrial

Este sector se caracteriza por tener iniciativas provenientes de industrias de azúcar y arroz para la generación de energía eléctrica [43]. En la industria azucarera, se utiliza el residuo de la caña de azúcar (bagazo) para generar energía anteriormente mencionado [15]. Además, en la producción de arroz, se emplea la cascarilla que contiene alto potencial energético, reemplazando el uso de combustibles fósiles y así reducir las emisiones de GEI [43]. La empresa PRONACA utiliza la cascarilla de arroz para la generación de energía, sustituyendo el diésel en los calderos industriales, contribuyendo de esta manera con la reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera [52].

Finalmente, en cada uno de los sectores descritos anteriormente existen barreras que impiden el desarrollo de una mayor cantidad de proyectos MDL en el país, entre las que se puede destacar la falta de promoción de MDL, altos costos de inversión en los proyectos, falta de capacitaciones a organizaciones y carencias técnicas sobre alternativas tecnológicas que conlleven a reducir GEI [46].

3.3. Estrategias y posibles compromisos entre los principales emisores de Carbono

3.3.1. Estrategias

3.3.1.1. Información al alcance de todos

La propagación de la información brinda posibilidades mayores para lograr una participación permanente en los mercados de carbono [53]. Sin embargo, a pesar de existir instituciones encargadas de promover MDL, aún no se han desarrollado lo suficiente como para lograr difundirse en el país [15]. En este sentido, es necesario dar a conocer a la mayor parte de población, empresas y municipios sobre los beneficios que se obtienen al participar en este tipo de proyectos, tanto económicos como sostenibles [54].

La promoción e información sobre los proyectos MDL debe ser realizada por las instituciones designadas a este fin, tal como es el caso de Perú que desarrolló la imagen del MDL como una oportunidad de inversión, uso de energías renovables, desarrollo sostenible y generación de empleo frente a los posibles inversionistas [41].

En este contexto, para poder desarrollar mayor número de proyectos MDL en el Ecuador, lo primero que se debería llevar a cabo es una identificación de los sectores que poseen alto potencial y poder promocionar las oportunidades que se obtienen al desarrollarlos [15]. Así también, es importante exponer los ejemplos de proyectos anteriormente citados frente a posibles grupos de interés, sin dejar de lado el apoyo del estado que tendrán quienes participen en este tipo de proyectos [15].

3.3.1.2. Formación de capital técnico

Es importante mencionar que el Ecuador carece de capital humano con nivel técnico requerido especializado en materia de CC, por lo que es necesario fomentar el desarrollo de módulos de educación en los que se incluya este tema [55].

Se toma en cuenta el caso de Perú nuevamente, debido a que cuenta con institucionalidad capacitada, ágil y promotora de MDL por lo que es reconocido como uno de los países más atractivos a nivel internacional en el desarrollo de este mercado [41].

Cabe destacar que, el mercado de carbono no se ha desarrollado hasta la actualidad, debido en gran parte a esta falta de profesionales, por lo que se propone que toda institución pública debe proveer capacidades técnicas y contar con personal capacitado para asesorar técnicamente a proyectos encaminados en cada una de sus competencias [15].

3.3.1.3. Brindar facilidades para el desarrollo de proyectos MDL

El primer paso para poder desarrollar proyectos MDL es conocer en qué se basan y con qué objetivo se proponen, por lo que el Ecuador debe generar información confiable que se encuentre al alcance de todos [56]. En este sentido, se requiere que el Estado defina la normativa en derechos de carbono, debido a que el artículo 74 de la Constitución del Ecuador no especifica cómo serán repartidos los ingresos económicos que sean producto de servicios ambientales provenientes de la naturaleza [20]. Por tal motivo, resultan inciertos dichos beneficios que se podría adquirir, sustrayendo interés en aquellos organismos que pretendan participar [15].

Por otra parte, en el Ecuador constantemente se presentan problemas en cuanto a la invasión de tierras y conflictos con linderos de propiedades, estas situaciones impiden el desarrollo de proyectos MDL, debido a que se necesitan tener definidos y sin problemas legales los límites de propiedad para la aprobación y manejo posterior de dichos proyectos [15].

3.3.1.4. Promover económicamente a los proyectos MDL

Todo proyecto que se requiera desarrollar requiere del componente económico, en este sentido, el Ecuador debe considerar la aplicación de estrategias de países como México, que creó un fondo específico para promover el desarrollo de tecnologías limpias y apoyo financiero para llevar a cabo proyectos MDL [57]. Asimismo, brindar a las empresas públicas y privadas que se interesen, propongan y establezcan proyectos MDL una exoneración en el ámbito tributario, como incentivo, siempre y cuando estos proyectos se hayan implementado [15].

En este sentido, las empresas u organizaciones que ofertan los proyectos MDL tienen altos costos de inversión y que su proceso toma al menos un año, éstas necesitan mecanismos de financiamiento que contribuyan a soportar estos costos, ya que los beneficios económicos se verán una vez que se vendan los CERs, es decir cuando ya el proyecto haya pasado el proceso de validación [15]. En consecuencia, es importante establecer instancias de financiamiento para que los ofertantes soporten los costos que suponen estos proyectos.

3.3.2. Compromisos

El Ecuador y los principales países emisores de carbono pueden establecer ciertos compromisos:

- Solicitar a países como Estados Unidos y Reino Unido como principales emisores de carbono, apoyo en materia de financiamiento climático, transferencia de tecnología y desarrollo de capacidades, ya que de esta manera contribuyen con el Ecuador en la solución de prioridades urgentes como la pobreza [58].
- Canadá es uno de los países con altas emisiones de GEI a nivel mundial, por lo que se ha comprometido en frenar el aumento de la temperatura global, buscando alternativas viables para reemplazar el uso de combustibles fósiles, apoyo a energías limpias y

compromisos con países en desarrollo como el Ecuador para que cumplan sus objetivos, en este sentido, se debe priorizar el apoyo de Canadá hacia el Ecuador [59].

- La situación de Japón en cuanto a emisiones de CO₂ se refiere es crítica, ya que es el quinto mayor emisor mundial de GEI, por lo que el mandatario de esta nación realiza el compromiso de reducción de emisiones hasta llegar a cero en el año 2050 [60]. Al conocer estas intenciones de Japón se pueden realizar compromisos con el Ecuador en cuanto a la adquisición de CERs, ratificando así los acuerdos que el país asiático ha propuesto.

El Ecuador en su compromiso de combatir el CC, desarrolla el Programa Carbono Cero, con el objetivo de cumplir las metas establecidas en su Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC), esta propuesta permitirá que el sector productivo y de servicios pueda cuantificar, reducir y neutralizar la huella de carbono que emiten a nivel de organización [61].

4. Conclusiones

El CC es el mayor reto que amenaza la vida en el planeta, debido a la emisión descontrolada de GEI a la atmósfera, sus efectos traen consecuencias negativas, por lo que se deben adoptar medidas globales, a través de las cuales se puedan frenar dichas emisiones. Estas medidas se traducen en mecanismos que se han creado con ese objetivo de reducción. En este sentido, el Ecuador, por medio de su marco legal demuestra su compromiso con la naturaleza, realizando avances relevantes en cuanto a la implementación de proyectos que se enfocan en utilizar tecnologías y procesos que resultan ser amigables con el ambiente, es decir no contaminantes.

El mercado de carbono es un mecanismo creado por el Protocolo de Kyoto como una herramienta atractiva en el ámbito económico para mitigar el CC, relacionándose directamente entre sí, pues, mientras el CC es el problema, el mercado de carbono intenta ser una solución, puesto que establece compromisos internacionales en cuanto a reducción de emisiones y en la cual pueden participar tanto los países en desarrollo, con proyectos MDL que generen CERs, así como los países desarrollados, que puedan comprar estos CERs y que además, inviertan en proyectos de desarrollo sostenible.

El Ecuador es el país que posee mayores oportunidades en cuanto a ofertar proyectos MDL se refiere, puesto que posee políticas tanto para la conservación de los recursos naturales como para la eficiencia energética y la implementación de energías renovables no contaminantes. No obstante, el Portafolio Nacional contiene 31 proyectos financiados que se distribuyen en diferentes sectores pero que son pocos los que se encuentran en operación. Por lo que se puede deducir que, la falta de apoyo del gobierno nacional y los largos períodos de espera para la validación de los proyectos son los principales desafíos que impiden el desarrollo de un número mayor de proyectos.

Finalmente, se establecieron estrategias basadas en los principales problemas que este mercado posee en el Ecuador como es la falta de conocimiento, falta de personal técnico capacitado, falta de recursos económicos para desarrollar los proyectos. En consecuencia, estas estrategias permitirán una mayor participación del Ecuador dentro del mercado de carbono por medio de la venta de CERs, de esta manera se obtendrán beneficios no solo ambientales sino también económicos. Así también, se establecieron posibles compromisos con países como Estados Unidos, Reino Unido, Canadá y Japón, los mismos que encabezan la lista de los países que más contaminan la atmósfera con la emisión de GEI que emiten en sus procesos productivos.

Contribución de autores: Idea, revisión, investigación, metodología redacción (I.D–G), redacción (L.C–A), software, tabulación, edición, redacción (B. F–A).

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos: El desarrollo de este artículo se desarrolla en el marco del proyecto de investigación denominado: Valoración de los servicios ecosistémicos como mecanismo para la sostenibilidad y resiliencia de la biodiversidad de los ecosistemas de la parroquia Quimiag.

Referencias

1. Duarte, C.; Alonso, S.; Benito, G.; Dachs, J.; Montes, C.; Pardo, M.; Ríos, A.; Simó, R.; Valladares, F. Cambio Global Impacto de La Actividad Humana Sobre El Sistema Tierra. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas* **2006**, 23.
2. Pachauri, R.K.; Meyer, L.; Allen, M.R.; Barros, V.R.; Broome, J.; Cramer, W.; Jiang, K.; Jiménez Cisneros México, B.; Kattsov, V.; Lee, H.; et al. *Cambio Climático 2014 Informe de Síntesis*; Storfjorden, 2015; ISBN 9789291693436.
3. BBC Cambio Climático: Los 6 Gráficos Que Muestran El Estado Actual Del Calentamiento Global Available online: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46426822> (accessed on 14 November 2022).
4. Useros, J.L. *EL CAMBIO CLIMÁTICO: SUS CAUSAS Y EFECTOS MEDIOAMBIENTALES CLIMATE CHANGE: CAUSES AND ENVIRONMENTAL EFFECTS*; Valladolid, 2012;
5. Rodríguez, M.; Mance, H. *Cambio Climático: Lo Que Está En Juego*; Bogotá, 2009;
6. Díaz, G. CIENCIA Y SOCIEDAD Volumen XXXVII, Número 2 Abril–Junio 2012 EL CAMBIO CLIMÁTICO. *Cienc Soc* **2012**, XXXVII, 228–229.
7. Benavides, H.O.; León, G.E. *INFORMACIÓN TECNICA SOBRE DE EFECTO INVERNADERO EL CAMBIO CLIMÁTICO*; 2007;
8. Rodríguez, G. Una Ley de Cambio Climático Para Chile Diagnóstico y Propuestas. *Repositorio Universidad de Chile* **2015**, 2.
9. ICLEI *ICLEI; Programa Ciudades Sustentables, 2016: Guía de Acción Local Por El Clima*; Sao Paulo, 2016; ISBN 978–85–99093–30–6.
10. Caballero, M.; Lozano, S.; Ortega, B. Efecto Invernadero, Calentamiento y Cambio Climático: Una Perspectiva Desde Las Ciencias de La Tierra. *Revista Digital Universitaria* **2007**, 8, 8–9.
11. Garzón, A.; Chíu, M.; Carrión, D.; del Carmen García, M.; Arellano, S.; Lhumeau, A.; Borja, C.; Astudillo, P.; Victoria Chiriboga, M.; Podvin, K.; et al. *Una Oportunidad Para Mitigar El Cambio Climático y Contribuir a La Gestión Sostenible de Los Bosques*; Quito, 2012;
12. PNUD Ecuador y Su Ambición Por Combatir El Cambio Climático Available online: <https://www.undp.org/es/ecuador/blog/ecuador-y-su-ambici%C3%B3n-por-combatir-el-cambio-clim%C3%A1tico> (accessed on 14 November 2022).
13. Gallegos, M. Análisis Mercado de Carbono En El Ecuador Available online: <https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2012/magg.html> (accessed on 14 November 2022).
14. Páez, J.; Recalde, Ma.F. Analisis de Las Negociaciones de Mercado de Carbono En La Bolsa de Valores En Ecuador. *Dialnet* **2016**, 754.

15. Landázuri, J.E. El Mercado de Carbono En El Ecuador, PUCE: Quito, 2013.
16. Carvajal, A. EL MERCADO DE CARBONO Y LOS IMPUESTOS VERDES COMO INSTRUMENTOS JURÍDICOS DE POLÍTICA ECONÓMICA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS EN LA INDUSTRIA COLOMBIANA, Universidad San Pablo, 2017.
17. Kyoto Protocol *KYOTO PROTOCOL TO THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE UNITED NATIONS*; Kioto, 1998;
18. His, S.; Doherty-Bigara, J. ¿Son Los Mercados de Carbono Un Mecanismo Sólido Para Asegurar El Éxito Del Acuerdo de París?
19. PNUD ¿Qué Son Los Mercados de Carbono y Por Qué Son Importantes? Available online: <https://climatepromise.undp.org/es/news-and-stories/que-son-los-mercados-de-carbono-y-por-que-son-importantes> (accessed on 14 November 2022).
20. Constitución de la República del Ecuador *CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008 Decreto Legislativo 0 Registro Oficial*; Montecristi, 2008;
21. el Mercurio El Potencial de Los Bonos de Carbono En Ecuador Available online: <https://elmercurio.com.ec/2022/06/05/el-potencial-de-los-bonos-de-carbono-en-ecuador/> (accessed on 14 November 2022).
22. MAATE Ecuador Presenta Los Desafíos y Oportunidades de Esquemas de Carbono Available online: <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-presenta-los-desafios-y-oportunidades-de-esquemas-de-carbono/> (accessed on 14 November 2022).
23. Cancilleria ECUADOR. **2021**, 1.
24. Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación *OFICINA DE INFORMACIÓN DIPLOMÁTICA FICHA PAÍS Ecuador*, 2021;
25. Equipo editorial, E. Ecuador Available online: <https://humanidades.com/ecuador/> (accessed on 3 March 2023).
26. INEC Censo Ecuador Available online: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/> (accessed on 3 March 2023).
27. Cepsa *El Cambio Climático y Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) En Cepsa*; 2015;
28. Manos Unidas Causas Del Calentamiento Global Available online: <https://www.manosunidas.org/observatorio/cambio-climatico/causas-naturales-calentamiento-global> (accessed on 14 November 2022).
29. Eguren, L. *El Mercado de Carbono En América Latina y El Caribe : Balance y Perspectivas*; CEPAL, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, 2004; ISBN 9213223579.
30. CMNUCC *Conferencia de Las Naciones Unidas Sobre El Medio Ambiente y El Desarrollo, Declaración de Río Sobre El Medio Ambiente y Desarrollo (Río de Janeiro, 1992)*; 1992;
31. UNFCCC *CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO*; 1992;
32. UNFCCC Qué Es La Convención Marco de Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático Available online: <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/que-es-la-convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico> (accessed on 16 November 2022).
33. Riverí, L.; Ginarte, M. *EL CAMBIO CLIMÁTICO: SUS EFECTOS A NIVEL MUNDIAL Y SU REGULACIÓN EN EL DERECHO INTERNACIONAL*; 2019;

34. Díaz-Cruz, M.C. Bonos de Carbono: Un Instrumento En El Sistema Financiero Internacional. *LIBRE EMPRESA* **2016**, *13*, 11–33, doi:10.18041/libemp.2016.v13n1.25106.
35. Echeverri, N. *Investigación y Revisión Gestión y Ambiente*; Medellín, 2007;
36. Fronti De García, L. *EL PROTOCOLO DE KIOTO Y LOS MECANISMOS QUE PERMITIRÁN LA DISMINUCIÓN DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO*; 2009;
37. Navarro, J. Comercio de Derechos de Emisión Available online: <https://www.cambioclimatico.org/content/comercio-de-derechos-de-emision> (accessed on 19 November 2022).
38. Sipamocha, K.; Morales, A. *EL MERCADO DE CARBONO BAJO EL PROTOCOLO DE KIOTO EN COLOMBIA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y CONTABLES PROGRAMA DE CONTADURÍA PÚBLICA*; Bogotá, 2016;
39. Samayoa, S. *Mercado de Carbono, Oportunidades Proyectos de Pequeña Escala*; Tegucigalpa, 2011;
40. Santos, M. *BONOS DE CARBONO: SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS*; Buenos Aires, 2007;
41. Gallegos, M. El Mercado de Carbono: Beneficios Económicos Para El Ecuador, PUCE: Quito, 2012.
42. Ludeña, C.; de Miguel, C.; Schuschny, A. *Cambio Climático y Mercados de Carbono: Repercusiones Para Los Países En Desarrollo*; 2015;
43. Cavallucci, O. ¿Como Esta Aprovechando El Ecuador Las Oportunidades Del MDL Dentro Del Marco Del EU ETS?, UASB: Quito, 2008.
44. Carvajal, A. *EL MERCADO DE CARBONO Y LOS IMPUESTOS VERDES COMO INSTRUMENTOS JURÍDICOS DE POLÍTICA ECONÓMICA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS EN LA INDUSTRIA COLOMBIANA*; 2017;
45. FARO ¿Cómo Contribuye El Ecuador a La Reducción de Emisiones de GEI? Available online: [https://grupofaro.org/gases-efecto-invernadero-ecuador/#:~:text=Ecuador%20emite%20un%20porcentaje%20marginal,residuos%20\(4%2C19%25\)](https://grupofaro.org/gases-efecto-invernadero-ecuador/#:~:text=Ecuador%20emite%20un%20porcentaje%20marginal,residuos%20(4%2C19%25).). (accessed on 7 February 2023).
46. MAE *Tercera Comunicación Del Ecuador a La Convención Marco de Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático*; Ecuador, 2017; p. 17;.
47. ENCC *Estrategia Nacional de Cambio Climático Del Ecuador 2012 – 2025*; Quito, 2012; p. 37;.
48. MAE *PRIMERA CONTRIBUCIÓN DETERMINADA A NIVEL NACIONAL PARA EL ACUERDO DE PARÍS BAJO LA CONVENCION MARCO DE NACIONES UNIDAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO*; 2019; pp. 22–23;.
49. Sarmiento, C. *CAMBIO CLIMÁTICO, MERCADOS DE CARBONO Y POLÍTICAS PÚBLICAS LA ECONOMÍA VERDE CONTRAATA*; 2020;
50. UNFCCC *Primer Informe Bienal de Actualización Del Ecuador a La Convención Marco de Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático*; 2016;
51. MAE *EVALUACIÓN DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS*; 2013;
52. PRONACA Memoria de Sostenibilidad 2018. **2018**, 77.

53. Batallas, A.E. ECUADOR VINCULADAS A LAS METAS DEL ODS 13 CAMBIO CLIMÁTICO, PERIODO 2013–2017. CASO DE ESTUDIO: PROGRAMA NACIONAL DE RESTAURACIÓN CON FINES DE CONSERVACIÓN, IAEN: Quito, 2018.
54. Lütken, S.; Fenhann, J.; Hinostroza, M.; Sharma, S.; Holm, K.; Zaballa, M. *Estrategias de Desarrollo Bajo En Carbono : Como Marco General Para La Identificación e Implementación de Medidas de Mitigación, Apropriadas Para Cada País (NAMAs) En Países En Desarrollo*; Centro PNUMA Riso, Energía, Clima y Desarrollo Sostenible, Departamento de Ingeniería Gerencial, Universidad Técnica de Dinamarca, 2013; ISBN 9788792706331.
55. República del Ecuador *Estrategia Nacional de Cambio Climático Del Ecuador 2012–2025*; Quito, 2012;
56. Barragán, A. *Implementación Del Mecanismo de Desarrollo Limpio En El Sector Eléctrico Ecuatoriano*; Cuenca, 2019;
57. FOMECAR FOMECAR 2019, 1.
58. Proaño, R. El Financiamiento Climático En Ecuador Estado Actual, Tendencias, Desafíos y Oportunidades, 2020.
59. EFEverde El Gobierno de Canadá Anuncia Un Nuevo Plan Para Reducir Las Emisiones de Carbono Available online: <https://efeverde.com/canada-plan-reducir-emisiones/> (accessed on 25 February 2023).
60. el Ágora Japón Se Compromete Por Fin a Ser Carbono Neutral En 2050 Available online: <https://www.elagoradiario.com/desarrollo-sostenible/cambio-climatico/japon-carbono-neutral-2050/> (accessed on 25 February 2023).
61. MAATE Programa Carbono Cero Se Pone En Marcha En El Ecuador.

RESEARCH ARTICLE

Optimizing *Tectona grandis* L.F. (teak) Tree Clonal Propagation via Regrowth and the Application of Plant Growth Regulators

Mercedes Susana Carranza-Patiño¹  Cristhoper Luis Almeida-Chaguay¹  Nicolás Cruz-Rosero¹ 
Cristhian Chicaiza-Ortiz^{2,3}  Robinson J. Herrera-Feijoo^{1,4*}  

¹ Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo Av. Quito km, 1 1/2 Vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo 120550, Ecuador

² China-UK Low Carbon College, School of Environmental Science and Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 201306, China

³ Biotecnología Ambiental Sustentable (BiotecAmbiental), Archidona, Napo 150107, Ecuador

⁴ Unidad de Posgrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo Av. Quito km, 1 1/2 Vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo 120550, Ecuador

 Correspondencia: herrerar2@uteq.edu.ec  + 593 0980563032

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62083>

Abstract: *Tectona grandis* L.F., known as teak, is a species of high commercial and ecological value for which the development of efficient clonal propagation strategies is being sought. The availability of clonally propagated materials from plus trees is scarce. The main objective of the research was to evaluate the root induction capacity of *Tectona grandis* L.F. plus tree sprouts using different hormone concentrations of indole-3-butyric acid (IBA) and 1-naphthaleneacetic acid (NAA) selected at 30 and 60 days. A completely randomized design (CRD) with seven treatments, four replicates, and three experimental units per replicate was used to determine statistical differences between treatments. The best results for rooting of teak shoots were observed in treatment T5 (500 mg kg⁻¹ of IBA) with an average of three roots per plant, T1 (control), and T7 (1500 mg kg⁻¹ of IBA) with an average of four leaves per plant. The highest survival rates were observed in T2 (500 mg kg⁻¹ of NAA) and T7 (1500 mg kg⁻¹ of IBA) with 58.33% and in T1 (control), T2 (500 mg kg⁻¹ of NAA) 50% rooting was obtained after 60 days. Although no differences were observed between treatments, the numerical differences allowed to observe that the use of auxins promotes rooting and survival of the shoots of adult trees of *T. grandis* and opens the possibility of propagation and cloning strategies for this species. This study provides valuable knowledge on vegetative propagation, breeding and conservation of forest species, which is relevant for academia, public and private sectors.

Palabras claves: Asexual propagation; rooting; substrates; regrowth; plant growth substances

1. Introduction

Tectona grandis L.F. (teak) is probably the world's most widely planted high-value timber, cultivated in Africa, the Pacific, South America and throughout Asia[1-3]. The global area of teak planted is approaching 7 million hectares, which is used for



Cite: Carranza-Patiño, M. S., Almeida-Chaguay, C. L., Cruz-Rosero, N., Chicaiza-Ortiz, C., & Herrera-Feijoo, R. J. (2023). Optimizing *Tectona grandis* L.F. (teak) Tree Clonal Propagation via Regrowth and the Application of Plant Growth Regulators. Green World Journal, 06(02), 083. <https://doi.org/10.53313/gwj62083>

Received: 02/mar/2023

Accepted: 12/jul/2023

Published: 04/aug/2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.
Creative Commons Attribution (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

shipbuilding, architecture, residential and commercial spaces, furniture manufacturing (solid and veneer), and the manufacture of other decorative and symbolic wood products. Teak is a member of the *Lamiaceae* family and has gained a worldwide reputation due to its high quality and durability, high resistance to fungal and insect attack, as well as abiotic conditions [4,5]. Due to its excellent timber characteristics, teaks are considered one of the most valuable woods in the world [1,6]. The remarkable adaptation to the physical and chemical characteristics of the soil, biomass accumulation, and wood properties have legitimized it to become a forest species of economic importance [7].

Increasing demand and deforestation have caused a decline in natural teak forests, making future supply increasingly dependent on teak plantations [8]. Traditional methods of teak propagation fail to meet the demand for the crop or ensure the availability of disease-free plants [9]. The use of unselected and untested teak seeds has led to supply shortages. However, by using improved and tested plant materials, significant advantages in terms of growth and quality can be obtained. These materials effectively address the previously unfulfilled demand and guarantee a sufficient supply of high-quality wood, meeting the productivity and quality requirements associated with teak [10]. In this context, vegetative propagation in forest species has become a strategy to establish homogeneous plantations with desirable phenotypic characteristics in a reduced time. Cloning serves as an initial measure within a genetic enhancement initiative, facilitating the acquisition of enhanced clones that manifest the primary physical and phenotypic attributes inherent to the species [11,12]. In order to clone, the technique of rejuvenation or reinvigoration of adult plants is frequently employed, which has been commonly used in native tree species to induce juvenile propagules more suitable for vegetative propagation, especially for adventitious rooting [13,14].

Plant growth regulators (PGRs), or phytohormones, are organic substances produced naturally in plants. PGRs play a crucial role in the control of growth and other functions in plants. Regulators act at sites distant from their production site, and they do so in minute amounts [15]. The application of growth regulators promotes vegetative propagation, which can be carried out through several techniques that are currently proven and efficient; for example, the induction of epicormic shoots; with this method, it is possible to recover the rejuvenation of the adult material of the timber species that are carried out clonally [16]. Auxin, a crucial phytohormone, exerts regulatory control over various facets of plant development, physiology, and environmental adaptability [17,18]. However, it is essential to note that the effects of auxin are not solely attributable to its independent action [19]. The pivotal involvement of the phytohormone auxin in orchestrating various crucial developmental processes renders it a central regulatory entity [20–22]. The phenomena above encompass the restraint of axillary bud proliferation, lateral root elongation, control over embryonic polarity, modulation of shoot meristem activity and arrangement, and facilitation of vascular tissue formation [23].

The present study elucidates the pivotal role of coordinated mechanisms in actively contributing to the process of organ formation in plants [12–15]. The primary objective of the current study is to establish the adequate concentration of the phytohormones naphthaleneacetic acid (NAA) and indolbutyric acid (IBA) in the induction of roots in *T. grandis* shoots.

2. Material and methods

2.1 Study area

The research was conducted at the teak plantation in the experimental farm La Represa, affiliated with the State Technical University of Quevedo. The farm is located at Km. 7 $\frac{1}{2}$ of the Quevedo–San Carlos road in the province of Los Ríos. The research was conducted at a location with an elevation of 73 m a.s.l. This location is situated at a longitude of 79° 25' 24" west longitude and 1° 03' 18" south latitude).

2.2 Process of selection, collection and disinfection of basal branches

The plus trees were selected from a 15-year-old stand for their superior morphological characteristics, such as diameter at breast height DBH, form factor, trunk cylindricity, straight

stem, and disease-free trees. Then the cuttings were collected in the morning from basal branches 10 cm in diameter and two to four buds, immediately placed in a wet newspaper in a thermal box to avoid dehydration, before the establishment in a humid chamber were disinfected with vitavax solution at 0.1% (1g L^{-1}) diluted in water for 15 min.

2.3 Preparation of the wet chamber

The sand-based substrate was disinfected with vitavax 0.1% seven days before establishment. A transparent plastic cover was placed over the substrate, creating a tunnel two meters long by one meter wide and 80 cm high. A shade net (saran 70%) was placed over this structure, providing a favorable shoot induction environment.

2.4 Rooting powder preparation

The rooting powder preparation protocol was used according to Del Valle [28]. The hormones with a purity of 99.9% were mainly used to prepare different concentrations of 500, 1000, and 1500 mg Kg^{-1} of NAA and IBA. The different hormone concentrations were dissolved in 70% alcohol, mixed with talc $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ (1 Kg^{-1}), and left to dry at room temperature for 24 h, after which they were stored in properly labeled bottles.

2.4 Harvesting and planting of shoots from basal branches

Once the branches had sprouted (three weeks), they were collected with pruning shears previously disinfected with 70% alcohol. The shoots were submerged in water with 1% vitavax solution to disinfect and prevent dehydration. Then, the hormone was placed at the base of each shoot and then they were placed in the substrate according to each treatment. Every eight days, the mineral salts (macro and micronutrients) were applied at half the concentration of the salts proposed by Murashige & Skoog [29].

2.5 Statistical NAAlysis and evaluation process of the different variables

A completely randomized design (CRD) was applied to evaluate the rooting capacity of *T. grandis* plus tree shoots with the use of NAA and IBA phytohormones in each of the seven treatments, which in turn consisted of four replicates and three observations per experimental unit, randomly distributed [30]. The data obtained were subjected to Duncan's test with a significance level of 95% ($P \geq 0.05$). The variables evaluated were: root number, root length, number of leaves, number of shoots, shoot length, percentage of survival, and rooting

3. Result

3.1. Induction of shoots from basal branches

In the present experimental study, shoot development from basal branches of adult trees was examined. Lengths of 1 to 4 cm appeared between 7 and 15 days after harvesting. There were no statistically significant differences between the various hormone concentrations and the studied variables in relation to the treatments, except for the number of roots at 30 days and the number of leaves at 30 and 60 days

3.2. Effect of auxin levels on root number and root length

The results indicate a significant effect at $p \leq 0.05$ of the number of roots at 30 days. The highest average was when using 500 mg kg^{-1} of IBA with an average of 2.5 roots per stake. At 60 days, the 500 mg kg^{-1} IBA concentration obtained an average of 2.5 roots per stake. Greater root length was observed at 30 days when using 500 mg kg^{-1} of IBA, giving an average of 1 cm root length per stake. At 60 days, the 500 mg kg^{-1} concentration of NAA showed the highest average of 2.73 cm root length per stake (Table 1).

Table 1. Number and length of roots in clonal propagation from *T. grandis* plus trees using growth regulators.

N°	Treatment	Number of roots				Root length			
		30 days		60 days		30 days		60 days	
T1	Without hormones (Control)	0.17	a b	1.00	a	0.45	a	2.12	a
T2	500 mg kg ⁻¹ of NAA	0.67	a b	1.67	a	0.50	a	2.72	a
T3	1000 mg kg ⁻¹ of NAA	0.33	a b	0.83	a	0.75	a	1.75	a
T4	1500 mg kg ⁻¹ of NAA	0.08	b	0.75	a	0.08	a	0.60	a
T5	500 mg kg ⁻¹ of IBA	2.00	a	2.50	a	1.11	a	1.62	a
T6	1000 mg kg ⁻¹ of IBA	0.25	a b	0.83	a	0.82	a	1.58	a
T7	1500 mg kg ⁻¹ of IBA	0.17	a b	0.75	a	0.38	a	1.92	a
CV%		61.46		65.10		57.26		66.5	5

Note: Values under the same letter are significantly similar according to Tukey's test at $p > 0.95$.

3.3. Effect of auxin levels on shoot number and length

The best result in the variable number of shoots at 30 days was observed when using 500 mg kg⁻¹ of NAA and 1500 mg kg⁻¹ of IBA with an average of 0.58 shoots per stake. At 60 days, the best average was obtained when using 500 mg kg⁻¹ of NAA, 500 mg kg⁻¹ of IBA and 1500 mg kg⁻¹ of IBA with an average of 0.67 number of shoots. Shoot length at 30 days was more significant when using 500 mg kg⁻¹ of IBA; however, at 60 days, shoot length was more significant when using 500 mg kg⁻¹ of NAA (Table 2)

Table 2. Number and length of shoots in clonal propagation from *T. grandis* plus trees using growth regulators

No.	Treatment	Number of shoots				Shoot length			
		30 days		60 days		30 days		60 days	
T1	Without hormones (control)	0.50	a	0.50	a	0.45	a	2.12	a
T2	500 mg kg ⁻¹ of NAA	0.58	a	0.67	a	0.50	a	2.72	a
T3	1000 mg kg ⁻¹ of NAA	0.33	a	0.42	a	0.75	a	1.75	a
T4	1500 mg kg ⁻¹ of NAA	0.25	a	0.33	a	0.08	a	0.60	a
T5	500 mg kg ⁻¹ of IBA	0.50	a	0.67	a	1.11	a	1.62	a
T6	1000 mg kg ⁻¹ of IBA	0.42	a	0.58	a	0.82	a	1.58	a
T7	1500 mg kg ⁻¹ of IBA	0.58	a	0.67	a	0.38	a	1.92	a
CV%		27.6		26.13		60.08		74.7	6
		1							

Note: Values under the same letter are significantly similar according to Tukey's test at $p > 0.95$.

3.4. Effect of auxin levels on leaf number, survival and rooting percentage

At 30 and 60 days, differences were found at $p \leq 0.05$. At 30 days, it used the 1500 mg kg⁻¹ concentration of IBA with 2.83 leaves per stake. At 60 days, the highest average was observed when using 1500 mg kg⁻¹ of IBA with 3.83 average leaves per stake and in control with 4.33 average number of leaves per stake. Numerically, the best survival percentage values were observed when using 500 mg kg⁻¹ of NAA, 500 mg kg⁻¹ of IBA and 1500 mg kg⁻¹ of IBA with

an average 67 % of seedling survival at 30 days. At 60 days, the numerically highest percentage was observed in the concentration 500 mg kg⁻¹ of NAA and 1500 mg kg⁻¹ of IBA with 58.33% of live plants. The rooting percentage was higher when using 500 mg kg⁻¹ of IBA, with an average of 33% rooting. At 60 days, it was higher when using 1500 mg kg⁻¹ of IBA with an average of 42% rooting (Table 3, Figure 1).

Table 3. Number of shoots, percentage survival and rooting of shoots in clonal propagation from *T. grandis* plus trees using growth regulators

No.	Treatment	Number of sheets		Survival		Rooting	
		30 days	60 days	30 days	60 days	30 days	60 days
T1	Without hormones (Control)	1.42 abc	4.33 to	fifty	to fifty	a	16.67 a
T2	500 mg kg ⁻¹ of NAA	0.92 ab	2.33 ab	66.67	to 58.33	a	25.00 a
T3	1000 mg kg ⁻¹ of NAA	0.67 ab	1.42 ab	41.67	to 33.33	a	25.00 a
T4	1500 mg kg ⁻¹ of NAA	0.5 c	0.58 b	33.33	to 25	a	8.33 a
T5	500 mg kg ⁻¹ of IBA	2.25 bc	2.58 ab	66.67	to 41.67	a	33.33 a
T6	1000 mg kg ⁻¹ of IBA	2 abc	0.92 ab	58.33	to 41.67	a	8.33 a
T7	1500 mg kg ⁻¹ of IBA	2.83 to	3.83 to	66.67	to 58.33	a	16.67 a
CV%		49.63	66.4	58.47	66.02	58.47	66.02

Note: Values under the same letter are significantly similar according to Tukey's test at $p > 0.95$



(A)



(B)

Figure 1. Root induction from *T. grandis* plus trees with the use of growth regulators. (A) treatment 2 at 30 days (B) treatment 2 at 60 days after the trial was established

4. Discussion

Careful handling of the harvested material and its establishment in the substrate proved to have a significant impact on shoot growth. The emission days are similar to the results reported by Meza et al. [12] seven to 10 days, and are complemented by other relevant references in the field [31]. The results for root number are higher than those reported for the same species in the work developed by Del Valle [28] who obtained in T3 (1000 mg kg⁻¹ of NAA + 1000 mg kg⁻¹ of IBA) 1.13 average roots. They were also similar to those Husen (2013) obtained in different teak clones with 2.67 roots per plant at a concentration of 500 mg kg⁻¹ of IBA. Similarly, Meza et al. [12] also obtained a similar average of 2.55 roots per plant when using higher doses of 5000 mg

kg⁻¹ of IBA combined with 4000 mg kg⁻¹ of PVP Polyvinylpyrrolidone. Finally, Sawitri et al. (2020) obtained an average of 2 to 3.5 roots with no difference between the treatments used with the AIN hormone (0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm) on two substrates.

The root lengths obtained in this research are lower than those found by Husen [32], who obtained a 3.91cm root length when using 500 mg kg⁻¹ of IBA. Similar results were reported by [33,34] suggests that the age of the material to be propagated significantly affects the propagation capacity of the plant. Therefore, the techniques to maintain or induce juvenility are critical in vegetative propagation. For the initiation of adventitious roots, the hormonal action of compounds naturally present in plants is favorable [35,36]. Of these, auxins are the hormones that have the most significant effect on root formation in cuttings. The presence of auxins in *T. grandis* seems sufficient to induce roots; however, applying auxins at low concentrations can stimulate an increase in the number of roots.

The average number of shoots obtained was higher than those reported by Del Valle [28], who obtained an average of 0.31 shoots with the combination of (1000 mg kg⁻¹ of NAA + 1000 mg kg⁻¹ of IBA). These results allow inferring that the application of auxins without combination positively influences shoot induction. Regarding shoot length, the results we similar reported by Carranza et al.[16], who worked on vegetative propagation of teak using combined NAA and IBA hormones. According to Balzan et al. [37] one of the most outstanding characteristics of auxins is that it is differentially distributed between cells and tissues; in some cases, it accumulates locally in a cell or a group of cells; in others, it changes their distribution between cells and, finally, it can also have a differential distribution in plant tissues.

An increase in IBA favored the number of leaves. These results exceed those obtained by Del valle [28], whose average number of live plants in all treatments was lower when using auxins NAA and IBA combined at concentrations of: (0, 500, 1000, 1500 and 2000 mg kg⁻¹). Leaves influence the rooting of cuttings [35], because they are a source of photoassimilates, auxins and other substances vital for rooting, however leaves provide a large surface area through which the cuttings lose water by transpiration [38].

The survival percentage exceeded those reported by Del valle [28], who, after 60 days of vegetative propagation of *T. grandis*, used a concentration of (1000 mg kg⁻¹ of NAA + 1000 mg kg⁻¹ of IBA) and obtained a 25% survival rate. Auxins are characterized by their ability to cause one or more biological phenomena, such as: inducing stem elongation in bioassays, promoting cell division in callus cultures in the presence of cytokinins, and forming adventitious roots in leaves and cut stems [39]. Regarding the percentage of rooting of *T. grandis* shoots in the presence of the auxins (NAA and IBA) used, low concentrations of hormones showed better results, indicating that low doses without combinations are sufficient to induce roots up to 50%. In contrast to the results reported, Meza et al. [12] affirm that the increase in the concentration of hormones causes an increase in the rooting percentage. On the other hand, Sawitri et al. [10] report that producing superior teak seedlings through the shoot-cutting method depends on the rooting medium, IBA concentration and the specific teak clone. These results corroborate what Arroyo [40] described, who states that the different responses will be determined by auxin concentration, perception, transport, the sensitivity of the cell type and tissue and the developmental stage of the plants.

5. Conclusions

Even though statistically, the treatments applied did not differ except for the number of roots at 30 days and the number of leaves at 30 and 60 days, it should be noted that in general terms, low concentrations of NAA (500 mg kg⁻¹) and high concentrations of IBA (1500 mg kg⁻¹) showed up to 58.33 % survival at 60 days after the trial was established. However, from the null statistical difference in most of the evaluated variables, it is highlighted that the conditions under which the trial was established, such as plant material, substrate, irrigation, application of mineral nutrients, and humid chamber, allowed the survival of shoots between 25 to 58.33 %.

These results directly relate to the profitability obtained in 500 mg kg⁻¹ of NAA and 1500 mg kg⁻¹ of IBA. The percentage of rooting at 60 days suggests that the auxin content without auxin application or the application of low doses without combinations (NAA plus IBA) is sufficient to induce roots up to 50% in teak shoots obtained from adult trees.

Future studies should focus on optimizing auxin concentrations and combinations for root induction in teak shoots from adult trees, as well as exploring alternative propagation techniques. Long-term assessments of growth and survival are necessary to evaluate the effectiveness of rooting treatments and contribute to the development of sustainable teak propagation practices in forestry.

Author Contributions: Conceptualization, M.S.C.P, N.C-R. and R.J.H-F.; methodology, M.S.C.P and N.C-R.; software, C.L.A-C., C.C-O. and R.J.H-F.; validation, M.S.C.P., N.C-R. and C.C-O.; formal NAalysis, M.S.C.P, N.C-R. and R.J.H-F.; investigation, M.S.C.P, C.L.A-C., N.C-R., C.C-O., R.J.H-F.; resources, R.J.H-F.; data curation, C.C-O. and R.J.H-F.; writing—original draft preparation, M.S.C.P, C.L.A-C., N.C-R., C.C-O., R.J.H-F.; writing—review and editing, M.S.C.P, C.L.A-C., N.C-R., C.C-O., R.J.H-F.; visualization, C.C-O. and R.J.H-F.; supervision, M.S.C.P and N.C-R.; project administration, M.S.C.P and R.J.H-F.; funding acquisition, R.J.H-F.

Funding: This research received no external funding.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest

References

1. Venkatesh, Y.N.; Ashajyothi, M.; Uma, G.S.; Rajarajan, K.; Handa, A.K.; Arunachalam, A. Diseases and Insect Pests Challenge to Meet Wood Production Demand of *Tectona Grandis* (L.), a High-Value Tropical Tree Species. *J. Plant Dis. Prot.* **2023**, 1–17.
2. Kusbach, A.; Šebesta, J.; Meason, D.F.; Mikita, T.; Meyrat, A.M.C.; JNAAta, P.; Maděra, P.; Hybler, V.; Smola, M. Site-Specific Approach to Growth Assessment and Cultivation of Teak (*Tectona Grandis*) in Nicaraguan Dry Tropics. *For. Ecol. MNAAge*. **2021**, 480, 118658.
3. Mohammad, N.; Rahaman, S.M.; Khatun, M.; Rajkumar, M.; Garai, S.; Ranjan, A.; Tiwari, S. Teak (*Tectona Grandis* Lf) Demonstrates Robust Adaptability to Climate Change Scenarios in Central India. *Vegetos* **2022**, 1–10.
4. Purnomo, H.; Guizol, P.; Muhtaman, D.R. Governing the Teak Furniture Business: A Global Value Chain System Dynamic Modelling Approach. *Environ. Model. Softw.* **2009**, 24, 1391–1401.
5. Veriasa, T.O.; Zanzibar, M.; Bramasto, Y.; Damayanti, R.U.; Yuniarti, N.; Wibowo, L.R. The Integration of Social Forestry, Science and Local Community in the Collaborative Muna Teak (*Tectona Grandis*) Development. In Proceedings of the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; IOP Publishing, 2021; Vol. 917, p. 12003.
6. Hernández, S.N. Establecimiento de criterios técnicos para el mejoramiento y expansión de una plantación de Teca (*Tectona grandis*) en la finca Villa de San Francisco, Municipio de Aguachica – Cesar. Saira, Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD Escuela, 2017.
7. Solano, E.H.; Belezaca Pinargote, C.E.; López Tobar, R.M.; Macías Suárez, K.P. Taladradores de La Madera (Scolytidae) En Plantaciones de *Tectona Grandis* L.f. (Teca) Del Trópico Ecuatoriano. *Alternativas* **2020**, 21, 49–54, doi:10.23878/alternativas.v21i3.341.
8. Zhao, Y.; Man, Y.; Wen, J.; Guo, Y.; Lin, J. Advances in Imaging Plant Cell Walls. *Trends Plant Sci.* 2019, 24, 867–878.
9. Belezaca, C.; Solano Apuntes, E.; López Tobar, R.; Cóndor Jiménez, M.; Beltrán Castro, F.; Díaz Navarrete, P. Ceratocystis Fimbriata Agente Causal de La Enfermedad de Marchitez Vascular de *Tectona Grandis* L.f. (Teca) En Ecuador. *Boletín Micológico* **2020**, 35, doi:10.22370/bolmicol.2020.35.1.2401.

10. Sawitri; Na'iem, M.; Indrioko, S.; Widiyatno The Effects of Rooting Media, IBA, and Clones on Rooting Ability of Teak's Shoot Cutting. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **2020**, *449*, 012042, doi:10.1088/1755-1315/449/1/012042.
11. Meza, A.R.; Rodriguez, J.; Gatti, K.C.; Espinoza, E.E. Propagación de Arboles de Teca Tectona Grandis L. f. Por Miniestacas Propagation of Tectona Grandis L. f. Trees by Minicutting. *Temas Agrar.* **2015**, *20*, 43–48.
12. Meza B., F. Hongos Micorrizicos de Plantaciones de (Melina) y Su Potencial Como Biofertilizantes En Plantulas a Nivel de Vivero, Año 2015, Universidad Técnica Estatal de Quevedo: Quevedo, 2016.
13. Stuepp, C.A.; Wendling, I.; Xavier, A.; Zuffellato–Ribas, K.C. Vegetative Propagation and Application of Clonal Forestry in Brazilian Native Tree Species. *Pesqui. Agropecu. Bras.* **2018**, *53*, 985–1002, doi:10.1590/S0100-204X2018000900002.
14. Zuffellato, H.C.R.C.B.I.W.H.S.K. *Ciencia FLORESTAL*. Santa Maria 2015, pp. 385–393.
15. Steven, J.; Cortes, A.; Godoy Jovanna, A.; Cortés, A.; David, J.; Mora, S.; Melida, R. Principales Reguladores Hormonales y Sus Interacciones En El Crecimiento Vegetal. *Nova* **2021**, *17*, 109–129.
16. Carranza, M.; Zorrilla, M.; Morante, J.; Prieto, O.; Veliz, D.; Escobar, A. *revistacyt. QUEVEDO* April 2016, pp. 37–43.
17. Nayak, S.S.; Chakraborty, S.; Roy, S.; Roy, S.; Ghosh, K.; Ghorui, A.; Sarkar, S.; Sarkar, S.G.S. The Role of Plant Hormone on Root Development. *J. Surv. Fish. Sci.* **2023**, *10*, 6401–6407.
18. Ranjan, A.; Sinha, R.; Singla-Pareek, S.L.; Pareek, A.; Singh, A.K. Shaping the Root System Architecture in Plants for Adaptation to Drought Stress. *Physiol. Plant.* **2022**, *174*, e13651.
19. Keswani, C.; Singh, S.P.; Cueto, L.; García–Estrada, C.; Mezaache–Aichour, S.; Glare, T.R.; Borriess, R.; Singh, S.P.; Blázquez, M.A.; Sansinenea, E. Auxins of Microbial Origin and Their Use in Agriculture. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **2020**, *104*, 8549–8565.
20. Khan, E.A.; Yadav, M.; Yadav, S.; Ahmed, H.M.I. Role of Auxins in Regulating Physiological and Molecular Aspects of Plants under Abiotic Stress. In *The Role of Growth Regulators and Phytohormones in Overcoming Environmental Stress*; Elsevier, 2023; pp. 39–65.
21. Jedličková, V.; Ebrahimi Naghani, S.; Robert, H.S. On the Trail of Auxin: Reporters and Sensors. *Plant Cell* **2022**, *34*, 3200–3213.
22. Wong, C.; Alabadí, D.; Blázquez, M.A. Spatial Regulation of Plant Hormone Action. *J. Exp. Bot.* **2023**, erad244.
23. Gomes, G.L.B.; Scortecci, K.C. Auxin and Its Role in Plant Development: Structure, Signalling, Regulation and Response Mechanisms. *Plant Biol.* **2021**, *23*, 894–904.
24. Heisler, M.G.; Byrne, M.E. Progress in Understanding the Role of Auxin in Lateral Organ Development in Plants. *Curr. Opin. Plant Biol.* **2020**, *53*, 73–79, doi:10.1016/J.PBI.2019.10.007.
25. Mazzoni–Putman, S.M.; Brumos, J.; Zhao, C.; Alonso, J.M.; Stepanova, A.N. Auxin Interactions with Other Hormones in Plant Development. *Cold Spring Harb. Perspect. Biol.* **2021**, *13*, doi:10.1101/cshperspect.a039990.
26. Salamonsen, L.A.; Jones, R.L. Endometrial Remodeling A2 – Norman, Helen L. HenryAnthony W. *Encycl. Horm.* **2003**, 504–512.
27. Wang, Y.; Zhao, Y.; Bollas, A.; Wang, Y.; Au, K.F. Nanopore Sequencing Technology, Bioinformatics and Applications. *Nat. Biotechnol.* **2021**, *39*, 1348–1365, doi:10.1038/s41587-021-01108-x.

28. Del valle, A. Efecto de diferentes dosis de auxinas NAA (Ácido Naftalen Acético) y IBA (Ácido Indol Butírico) en el enraizamiento de brotes en árboles adultos de *Tectona grandis* L. F. (teca), Universidad Técnica Estatal de Quevedo: Quevedo, 2012.
29. Murashige, T.; Skoog, F. A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiol. Plant.* **1962**, *15*, 473-497, doi:10.1111/J.1399-3054.1962.TB08052.X.
30. Biganzoli, M.; Castro, D.C.; Ghio, N.; Gabriel, P.M.; Álvarez, N.; Buyatti, M.A. Efecto de La Aplicación de Ácido Naftalén Acético Sobre El Enraizamiento de Estacas Leñosas de *Croton UrucurNAA* Baill., *TabernaemontNAA* Catharinensis A. DC. y *Paullinia Elegans* Cambess. *Fave. Sección ciencias Agrar.* **2021**, *20*, 189-203.
31. Husen, A.; Pal, M. Effect of Branch Position and Auxin Treatment on Clonal Propagation of *Tectona Grandis* Linn. F. *New For.* **2007**, *34*, 223-233, doi:10.1007/S11056-007-9050-Y/METRICS.
32. Husen, A. Clonal Multiplication of Teak (*Tectona Grandis*) by Using Moderately Hard Stem Cuttings : Effect of Genotypes (FG1 and FG11 Clones) and IBA Treatment. **2013**, *2*, 14-19.
33. Bermudez, A.; Chóez, D. Propagación Vegetativa de Estaquillas de *Tectona Grandis* Linn f. Mediante La Combinación de Hormonas de Enraizamiento., Universidad Estatal del Sur se MNAAbí Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura : MNAAbí, 2021.
34. Edson, S. *Instituto de pesquisas estudos florestais.* 2000, p. 14.
35. Hartmann, H.T. (Hudson T.; Kester, D.E.; Davies, F.T.; Geneve, R.L. *Hartmann & Kester's Plant Propagation : Principles and Practices*; 2002; ISBN 1-292-02088-1.
36. Nava, A.D.; Hernández, V.A.G.; Jaimes, M.N.; Castro, E.H.; Álvarez, D.V.; Villaseñor, G.D. Growth Kinetics of Vegetative and Reproductive Organs of Guava (*Psidium Guajava* L .) in Iguala Guerrero , Mexico. **2014**, 1468-1475.
37. Balzan, S.; Johal, G.S.; Carraro, N.; Varotto, S.; Scarpella, E.; Masson, P.H. The Role of Auxin Transporters in Monocots Development. **2014**, doi:10.3389/fpls.2014.00393.
38. Mesén, F. Enraizamiento de Estacas Juveniles de Especies Forestales: Uso de Propagadores de Sub-Irrigación. **1998**.
39. Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiología Vegetal*, Universitat Jaume I, 2007; Vol. 10; ISBN 8480216018.
40. Arroyo, G. La Homeotasis de Las Auxinas y Su Importacia En El Desarrollo de *Arabidopsis ThaliNAA*. **2014**, *33*, 13-22.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en *Ochroma pyramidale* (balsa) en fase de vivero

Carmen Victoria Marín Cuevas¹  Robinson J. Herrera-Feijoo^{1,2*}  
Mercedes Susana Carranza-Patiño¹  Jaime Morante-Carriel¹ 

¹ Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo Av. Quito km, 1 1/2 Vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo 120550, Ecuador

² Unidad de Posgrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo Av. Quito km, 1 1/2 Vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo 120550, Ecuador

 Correspondencia: herreraf2@uteq.edu.ec  + 593 0980563032

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62084>

Resumen: El presente estudio investiga la importancia de la inoculación de micorrizas arbusculares (HMA) en plantas de balsa (*Ochroma pyramidale*) en fase de vivero. Los HMA desempeñan un papel fundamental en la mejora de la absorción de nutrientes, el crecimiento de las plantas y la resistencia al estrés hídrico, lo que puede beneficiar la productividad y la sostenibilidad en la gestión forestal. Los objetivos del estudio fueron cuantificar las esporas, evaluar la colonización micorrízica y analizar variables dasométricas en plantas inoculadas. Se observaron diferencias significativas entre tratamientos, siendo el consorcio *Glomus spp.* el que presentó mayor densidad de colonización visual, longitud y peso de las raíces y porcentaje de pelos radiculares. El consorcio *Glomus spp.* fue el más eficaz para mejorar el crecimiento de la planta de balsa, seguido de *Acaulospora spp.* y *Scutellospora spp.* Recomendamos validar la eficacia a largo plazo de la inoculación en el lugar final del trasplante y considerar la diversidad de consorcios micorrízicos para aumentar los beneficios. Este estudio se suma al conocimiento científico de las interacciones AMF-planta y proporciona una valiosa herramienta para promover prácticas sostenibles en reforestación y gestión forestal, reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos y conservando los recursos naturales.

Palabras claves: Esporas, Crecimiento vegetativo, Colonización micorrízica, Manejo forestal.

Inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi on *Ochroma pyramidale* (balsa) in the nursery stage

Abstract: The present study investigates the importance of arbuscular mycorrhizal (AMF) inoculation in nursery stage balsa (*Ochroma pyramidale*) plants. AMF play a critical role in improving nutrient uptake, plant growth and resistance to water stress, which may benefit productivity and sustainability in forest management. The objectives of the study were to quantify spores, assess mycorrhizal colonisation and analyse dasometric variables in inoculated plants. Significant differences were observed between treatments, with the *Glomus spp.* consortium having the highest visual colonisation density, root length and weight, and percentage of root hairs. The *Glomus spp.* consortium was most effective in improving balsa plant growth, followed by *Acaulospora spp.* and *Scutellospora spp.* We recommend validating the long-term efficacy of inoculation at the



Cite: Marín Cuevas, C. V., Herrera-Feijoo, R. J., Carranza-Patiño, M. S., & Morante-Carriel, J. (2023). Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en *Ochroma pyramidale* (balsa) en fase de vivero. Green World Journal, 6(2), 84. <https://doi.org/10.53313/gwj62084>

Received: 02/Mar/2023
Accepted: 29/Jul/2023
Published: 05/Aug/2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.
Creative Commons Attribution (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

final transplant site and considering the diversity of mycorrhizal consortia to increase benefits. This study adds to the scientific knowledge of AMF-plant interactions and provides a valuable tool for promoting sustainable practices in reforestation and forest management, reducing dependence on chemical fertilisers and conserving natural resources.

Keywords: Spores, Vegetative growth, Mycorrhizal colonization, Forestry management

1. Introducción

El estudio de los hongos formadores de micorrizas ha suscitado un creciente interés desde el siglo XVIII, cuando M. Janse identificó micorrizas arbusculares en plantaciones de café en 1897[1–3]. La relevancia de estos hongos radica en sus múltiples funciones, como la captación de nutrientes[4,5], la modulación de la fisiología de las plantas[6,7] y su potencial para mejorar la productividad vegetal[8]. De la simbiosis entre las plantas y los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), surge una asociación simbiótica que beneficia a las plantas al mejorar la absorción de nutrientes, estimular el crecimiento foliar y aumentar la tasa fotosintética, además de fortalecer su capacidad para resistir el estrés hídrico[9–11].

Investigaciones previas, destacan los beneficios que las plantas obtienen al ser colonizadas por HMA, incluyendo un mejor enraizamiento y crecimiento, mayor captación de iones y nutrientes, capacidad de absorción de nutrientes poco móviles en el suelo y una mayor resistencia a la sequía y a patógenos radiculares[3,12–15]. Dichos beneficios no solo influyen en la productividad vegetal, sino que también tienen un impacto positivo en el medio ambiente, al contribuir al control de la erosión y la regeneración de la cobertura vegetal en suelos degradados[16–19]. Considerando la concepción de desarrollo sustentable, la gestión adecuada de los hongos micorrízicos se convierte en un factor esencial, promoviendo el uso racional de fertilizantes y plaguicidas y mejorando la estructura del suelo a través del micelio extraradical que se extiende en el suelo[20–28].

En el contexto ecuatoriano, se ha planteado un ambicioso plan nacional de forestación y reforestación para convertir al país en una potencia forestal[29]. Una de las especies seleccionadas para este propósito es la *Ochroma pyramidale*, conocida como Balsa, que cuenta con un alto valor comercial y un rápido crecimiento[30–33]. Sin embargo, para garantizar la calidad de los productos maderables y la propagación con calidad genética, es fundamental investigar el efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de Balsa en fase de vivero[32,34–36].

Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo general analizar el efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de *Ochroma pyramidale* (Balsa) en fase de vivero. Para lograrlo, se plantean los siguientes objetivos específicos: 1) Cuantificar el número de esporas existentes en las plantas después de la inoculación; 2) Evaluar la infectividad micorrízica en las raíces de las plantas y 3) Determinar el crecimiento de las variables dasométricas de las mismas.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

Los análisis de las diferentes variables en plantas de *Ochroma pyramidale* (balsa) se llevaron a cabo en el laboratorio de Microbiología Ambiental y Vegetal de la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTEQ).

2.2 Fase de campo

En esta sección se realizó la inoculación de plantas de balsa con 30 esporas de hongos micorrízicos arbusculares previamente identificados a nivel de género. Las plantas se cultivaron en un sustrato compuesto por suelo más arena estéril y se regaron con agua destilada estéril. Luego de un período de 90 días desde las inoculaciones, se realizó una evaluación en la que se analizaron las siguientes variables: Altura de las plantas, Peso húmedo y seco del sistema foliar y radicular, Longitud total de las raíces (RL), Densidad radicular (RLv), Número de esporas de hongos micorrízicos presentes en 100 g de suelo húmedo (gsh-1) por maceta, Porcentaje de

densidad visual (micorrización) en las raíces, Presencia de pelos radicales. Estos parámetros se evaluaron con el fin de determinar el efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en el crecimiento y desarrollo de las plantas de balsa

2.3 Fase de laboratorio

Se utilizó el método descrito por Gerdemann y Nicolson [37], quienes proponen modificaciones para el aislamiento y conteo de esporas del suelo. En primer lugar, se pesaron 100 g de suelo y se colocaron en un vaso de precipitación, al que se añadió 1000 mL de agua y se agitó durante 3 a 5 minutos para disgregar los terrones, adaptando la duración según el tipo de suelo. Posteriormente, la suspensión se dejó reposar durante 2 minutos y se pasó a través de tamices con apertura de mallas de 425, 90 y 25 μm para separar las esporas según su tamaño. Este proceso de agitación y decantación se repitió en tres ocasiones. Luego, el material atrapado en los diferentes tamices se recogió y se vertió en vasos de precipitación de 100 mL con 40 a 50 mL de agua destilada.

En tubos de centrifuga de 15 mL, se prepararon soluciones de sacarosa al 20% y al 60%. Primero se agregaron 5 mL de la solución al 20%, y luego se vertieron 5 mL de la solución al 60% en el fondo de la anterior, creando una gradiente de sacarosa. A continuación, se añadieron 5 mL de la solución del suelo recogido de los tamices, asegurándose de que la solución quedara por debajo del suelo suspendido en agua. Los tubos se sellaron con parafilm y se centrifugaron durante 3 minutos a 3000 r.p.m. Una vez terminada la centrifugación, los tubos se retiraron cuidadosamente, evitando romper la interfase agua-sacarosa. El contenido de los tubos se vertió en un tamiz de 25 μm y se lavó con agua destilada para eliminar la sacarosa. Posteriormente, el contenido del tamiz se recogió en envases de vidrio y se agregó en cajas de Petri cuadrículadas, con aproximadamente 1,25 cm entre líneas, para realizar el conteo de esporas.

2.3.1 Tinción de raíces

Para determinar el porcentaje de colonización micorrízica en las raíces de balsa, se utilizó el método propuesto por Phillips y Hayman [38]. Inicialmente, las raíces se lavaron con agua corriente y luego se trataron con solución de hidróxido de potasio (KOH) al 10% en un baño de María a 90°C durante 15 minutos. Después de eliminar el KOH y lavar nuevamente las raíces, se realizó un tratamiento adicional de blanqueo con peróxido de hidrógeno (3%) si las raíces presentaban pigmentación oscura. Posteriormente, se lavaron en solución de KOH al 10% mezclada con H₂O₂ al 10% durante 10 minutos y se acidificaron con una solución de ácido clorhídrico (HCl) al 1N durante 10 minutos. Seguidamente, las raíces se tiñeron con Azul de Tripiano en lactoglicerol y se sometieron a un baño de María durante 15 minutos. Después del proceso de tinción, se lavaron en agua destilada y se dejaron reposar para eliminar el exceso de colorante. Luego, se montaron 50 segmentos de raíces en láminas portaobjetos con glicerol al 50% y se observaron al microscopio a 40x. La frecuencia (%) de colonización radicular se determinó considerando los segmentos colonizados y no colonizados, contabilizando las estructuras micorrízicas presentes para obtener el porcentaje de colonización micorrízica en las raíces de las plantas de balsa

2.3.2 Diseño de tratamientos

En el marco de esta investigación, se emplearon cuatro tratamientos diferentes (inoculantes), cada uno de los cuales se replicó diez veces para asegurar robustez en los resultados. Los tratamientos utilizados fueron los siguientes:

T1: Consorcios micorrízicos del género *Glomus*.

T2: Consorcios micorrízicos del género *Acaulospora*.

T3: Consorcios micorrízicos del género *Scutellospora*.

T4: Testigo (Agua destilada estéril).

2.3.3 Diseño experimental (comparación entre medias)

Los tratamientos se dispusieron en un Diseño Completamente al Azar (Tabla 1).

Tabla 1. Esquema del análisis de la varianza para el diseño experimental

Fuente de Variación	Grados de libertad
Tratamientos	$t-1 = 3$
Error	$t(r-1) = 36$
Total	$(t \times r) - 1 = 39$

2.3.4 Modelo matemática y estadístico.

El modelo matemático utilizado en cada experimento y que describe el comportamiento de las variables de respuesta es el siguiente:

$$Y_{ik} = \mu + T_i + \varepsilon_{ik}$$

μ = Media poblacional

T_i = Efecto del i -ésimo localidad

ε_{ik} = Error experimental para cada observación.

Por otra parte, las comparaciones de medias se realizaron mediante la prueba de Tukey al 5 % de probabilidades de error. Los resultados se tabularon con el paquete estadístico INFOSTAT.

2.3.5 Colonización micorrízica

La variable de colonización endomicorrízica se evaluó a los 90 días mediante el método de clarificación y tinción de raíces siguiendo la técnica de Phillips y Hayman [38], utilizando una escala de 0 a 5 propuesta por Giovannetti y Mosse [39]. Para ello, se distribuyeron homogéneamente muestras de raíces de peso conocido en placas de Petri reticuladas, después de ser decoloradas previamente con solución alcalina y sometidas a tinción en medio ácido. Luego, las raíces se observaron bajo un microscopio estereoscópico y se contabilizaron las raíces interceptadas por el reticulado de la placa siguiendo un recorrido ordenado. La frecuencia e intensidad de la micorrización se determinaron asignando un valor a la clase correspondiente.

El número de esporas por cada tratamiento se cuantificó utilizando el método descrito por Gerdemann y Nicolson [37], como se mencionó previamente.

Para medir la altura de las plantas, se midieron diez plantas de cada repetición desde la base de la planta (cuello) hasta la última hoja visible del extremo superior, utilizando una cinta métrica y expresando los valores en centímetros.

La producción de materia húmeda y seca foliar y radicular se determinó pesando el material fresco de las plantas y la masa radicular, respectivamente. Luego, se colocaron en una estufa a 75°C durante 48 horas y se registró el peso seco. Estas variables se evaluaron a los 90 días.

La evaluación de los pelos radicales siguió la metodología propuesta por Giovannetti y Mosse [39]. La longitud total de raíces por planta (RL) se calculó sumando todas las longitudes de cada raíz individual en cm, utilizando la fórmula propuesta por Jungk y Claassen [40]. Estas mediciones se realizaron a los 90 días después de la siembra.

$$RL = \frac{\text{Peso fresco raíces por maceta}}{\text{Número de plantas por maceta}} \times RLs$$

Donde RLs = Largo específico de la raíz

2.3.6 Longitud de raíz por volumen de suelo (RLv)

Es el parámetro que estima la competición interradicular por nutrientes. Se expresa en cm^{-3} . A continuación, se detalla la ecuación que se empleó para su cálculo.

$$RL_v = \frac{RL \times (\text{número de plantas por maceta})}{(\text{Volumen de suelo} \div \text{densidad de suelo})}$$

3. Resultados

3.1. Población de esporas de hongos MA

Se encontró que el tratamiento que contenía el consorcio micorrízico del género *Glomus* spp. presentó la mayor concentración de esporas, con un total de 450 esporas por cada 100 gramos de suelo húmedo (gsh-1). El siguiente tratamiento con mayor cantidad de esporas fue el que contenía el consorcio micorrízico del género *Acaulospora* spp., con un total de 252 esporas, mientras que el tratamiento con el consorcio micorrízico del género *Scutellospora* spp. mostró el menor número de esporas, con 126 esporas. Para la recolección de esporas, se emplearon cuatro tipos de tamices con diferentes aperturas de mallas, colocados en orden descendente de tamaño: 500, 425, 90 y 25 μm , para separar las esporas de hongos micorrízicos arbusculares según su tamaño (Tabla 2).

Tabla 2. Población de esporas de hongos MA aisladas por cada 100 gramos de suelo húmedo (gsh-1), a los 90 días después de las inoculaciones en cuatro tipos de tamices con diferente apertura de malla 500, 425, 90 y 25 μm , utilizando plantas de balsa.

Apertura de Tamiz	<i>Glomus</i> spp.	<i>Acaulospora</i> spp.	<i>Scutellospora</i> spp.
500 μm	2	13	0
425 μm	17	21	3
90 μm	156	96	48
25 μm	275	122	75
Total	450	252	126

3.2. Densidad de colonización micorrízica en raíces

Se encontraron diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de densidad de colonización micorrízica en las raíces de balsa a los 90 días después de las inoculaciones entre los diferentes tratamientos. El tratamiento que contenía el consorcio micorrízico del género *Glomus* spp. demostró una alta capacidad de infección, mostrando una densidad visual de micorrización de 23,48%, la cual fue ampliamente superior a los demás tratamientos. Por otro lado, los tratamientos con consorcios micorrízicos de *Acaulospora* spp. y *Scutellospora* spp. no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sí, obteniendo porcentajes de colonización micorrízica similares, con valores de 14,66% y 14,95%, respectivamente. El tratamiento testigo, que no recibió inoculación de hongos MA y permaneció en un suelo estéril durante todo el tiempo, no presentó colonización micorrízica como se esperaba (Figura 1).

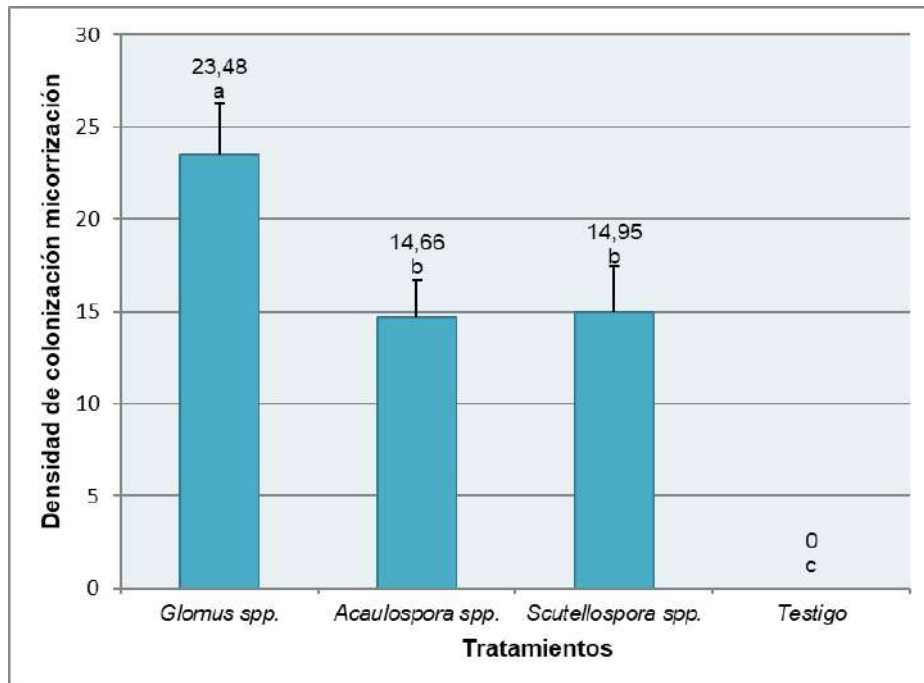


Figura 1. Porcentaje de densidad de colonización micorrizica en raíces de balsa. Los valores representan la media de 150 raicillas evaluadas, con barras de desviación estándar.

3.3. Altura de las plantas

En relación a las variables dasométricas evaluadas en las plantas de balsa, se analizó la altura de las mismas, mostrando diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, tal como se evidencia en la figura 2. Los tratamientos más favorables fueron *Glomus* spp. y *Acaulospora* spp., con alturas de 52,44 cm y 49,99 cm, respectivamente, mostrando similitud estadística entre ellos, pero difiriendo significativamente del tratamiento que contenía hongos MA, es decir, *Scutellospora* spp., con una altura de 45,27 cm. Por otro lado, el tratamiento testigo, que no recibió inoculación de hongos MA, presentó la altura más baja con 36,69 cm para esta variable.

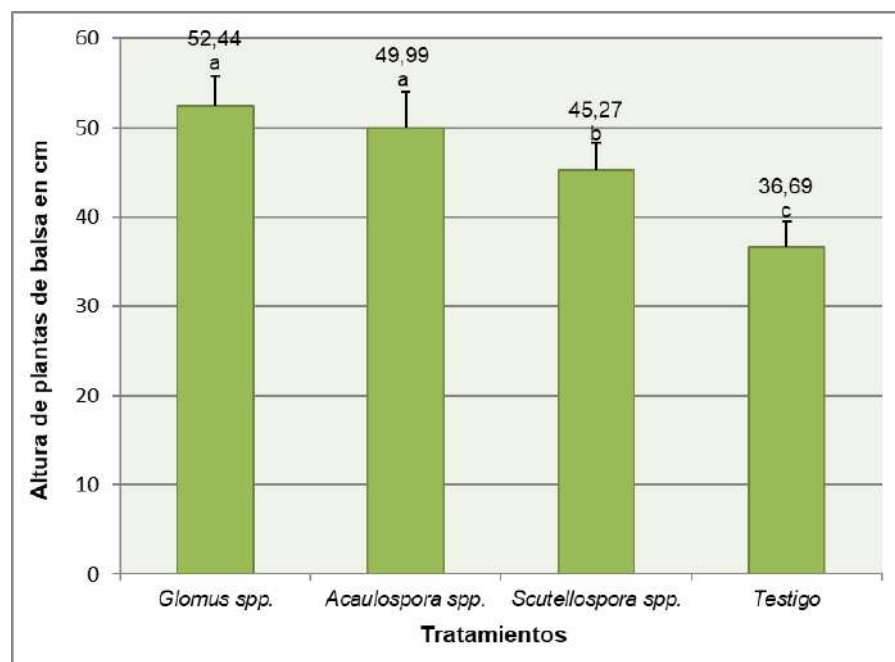


Figura 2. Altura de plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones con hongos MA. Los valores representan la media de diez repeticiones con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

3.4. Peso húmedo del sistema foliar

En relación al peso húmedo del área foliar de las plantas de balsa, se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones con hongos MA, según el análisis ANOVA realizado. El tratamiento con *Acaulospora* spp. presentó el valor promedio más elevado de peso húmedo foliar, con 90,85 g/planta, aunque no mostró diferencias estadísticamente significativas con los tratamientos *Glomus* spp. y *Scutellospora* spp., que obtuvieron pesos húmedos foliares promedio de 90,17 g/planta y 85,87 g/planta, respectivamente. Por otro lado, el tratamiento Testigo (agua destilada estéril) obtuvo el valor más bajo en esta variable, con 71,09 g/planta, siendo estadísticamente significativamente menor (Figura 3).

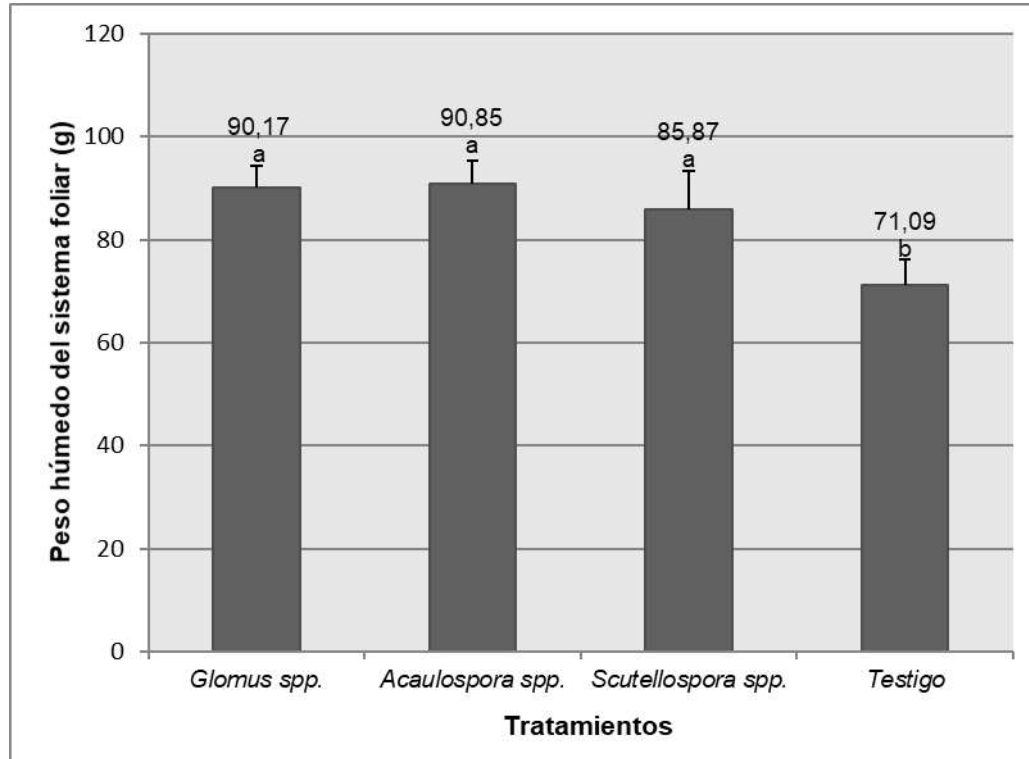


Figura 3. Peso húmedo del sistema foliar de plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones. Los valores representan la media de diez repeticiones, con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

3.5. Peso seco del sistema foliar

Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones con hongos micorrízicos arbusculares. El tratamiento que contenía el consorcio micorrízico *Glomus* spp. destacó significativamente, con un valor promedio de 21,15 g/planta, seguido del tratamiento *Acaulospora* spp. con 18,27 g/planta y *Scutellospora* spp. con 15,66 g/planta. En resumen, todos los tratamientos que contenían el inóculo de hongos MA mostraron un mayor peso seco del sistema foliar en comparación con el tratamiento Testigo, que solo obtuvo un promedio de 13,85 g/planta, constituyéndose como el valor más bajo (Figura 4).

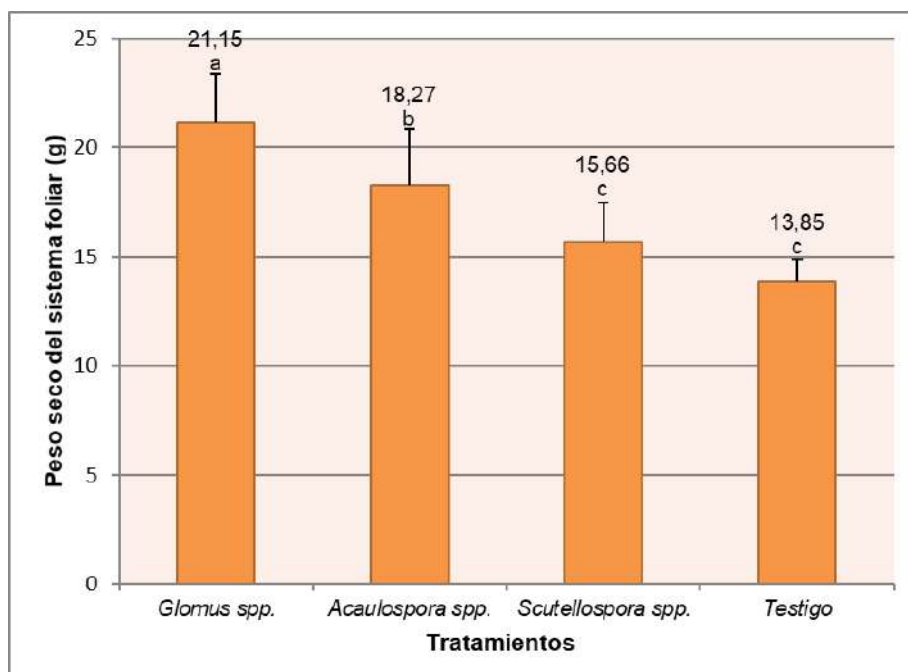


Figura 4. Peso seco del sistema foliar de plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones. Los valores representan la media de diez repeticiones, con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

3.6. Peso húmedo del sistema radicular

La figura 5 muestra los resultados obtenidos después del análisis estadístico ANOVA para la variable "peso húmedo del sistema radicular" en plantas de balsa. A los 90 días después de las inoculaciones con hongos MA, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El tratamiento que contenía hongos MA del género *Glomus* alcanzó el mayor promedio con 33,22 g/planta, seguido de *Acaulospora* spp. con 26,61 g/planta y *Scutellospora* spp. con 21,99 g/planta. En contraste, el tratamiento Testigo, que no contenía hongos MA, obtuvo un valor más bajo de 19,12 g/planta, siendo este el menor valor entre todos los tratamientos utilizados en el presente trabajo.

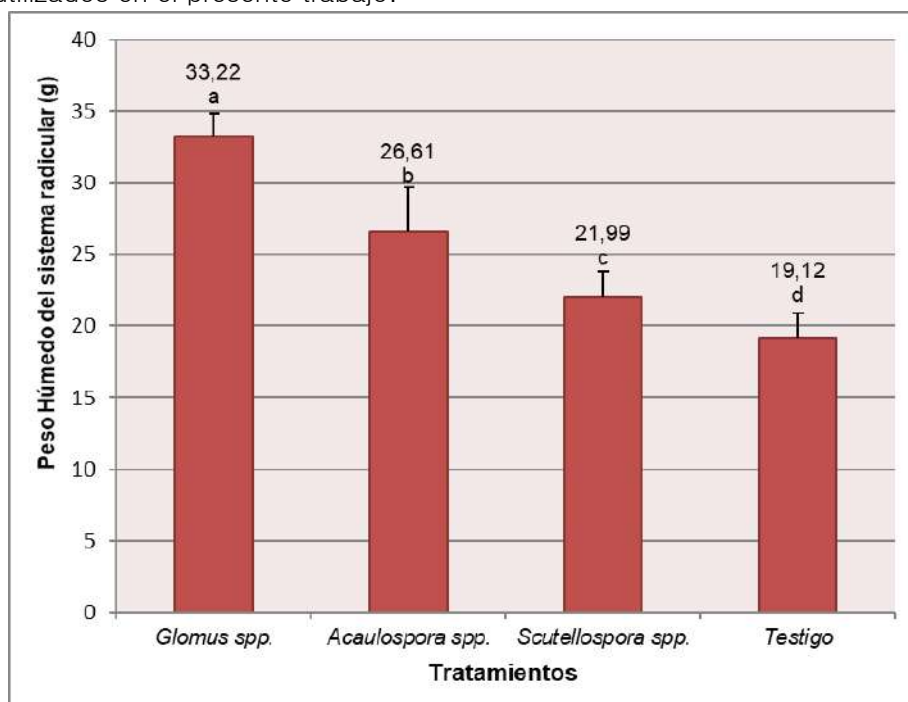


Figura 5. Peso húmedo del sistema radicular de plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones. Los valores representan la media de diez repeticiones, con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

3.7. Peso seco del sistema radicular

En la figura 6, se presenta el peso seco del sistema radicular de las plantas de balsa evaluado a los 90 días después de las inoculaciones con los cuatro tratamientos utilizados en la investigación. Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El tratamiento que contenía como inoculo la micorriza arbuscular *Glomus* spp. mostró un peso seco de 15,89 g/planta, siendo numéricamente superior a *Acaulospora* spp. y *Scutellospora* spp., con valores de 14,79 y 14,18 g/planta, respectivamente, aunque no se reportaron diferencias estadísticas significativas entre ellos. Por otro lado, el tratamiento testigo, nuevamente presentó el promedio más bajo, con 12,25 g/planta, pero no mostró diferencias estadísticas significativas con los tratamientos *Acaulospora* spp. y *Scutellospora* spp.

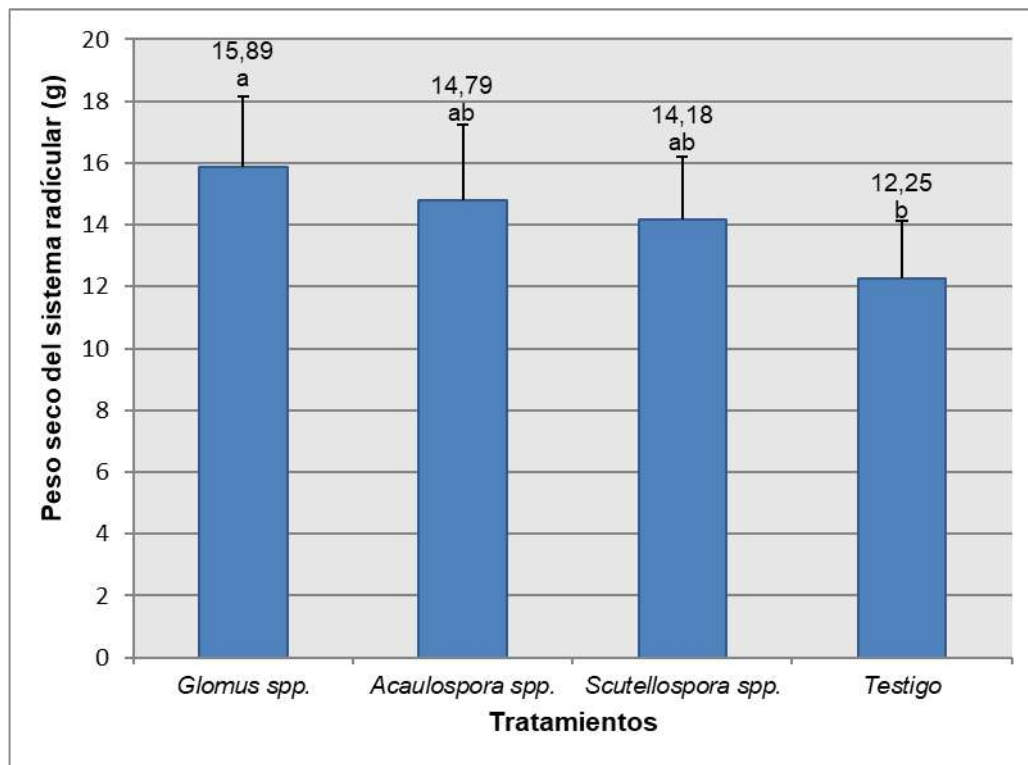


Figura 6. Peso seco del sistema radicular de plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones. Los valores representan la media de diez repeticiones, con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

3.8. Longitud radical

En el análisis de longitud radical realizado a las plantas de balsa a los 90 días después de las inoculaciones, se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Figura 7). El tratamiento más efectivo fue *Glomus* spp., que alcanzó una longitud promedio de 84,08 cm/planta. Los tratamientos que también recibieron inoculantes de micorriza arbuscular mostraron comportamientos estadísticamente similares entre sí, pero fueron superiores al tratamiento testigo, que registró un promedio de 56,635 cm de raíz/planta. Los tratamientos con hongos MA *Acaulospora* spp. y *Scutellospora* spp. alcanzaron longitudes de raíz de 77,94 cm y 76,18 cm por planta, respectivamente. Estos resultados demuestran la capacidad de estos hongos para aumentar el área radicular en comparación con las plantas no inoculadas con hongos MA.

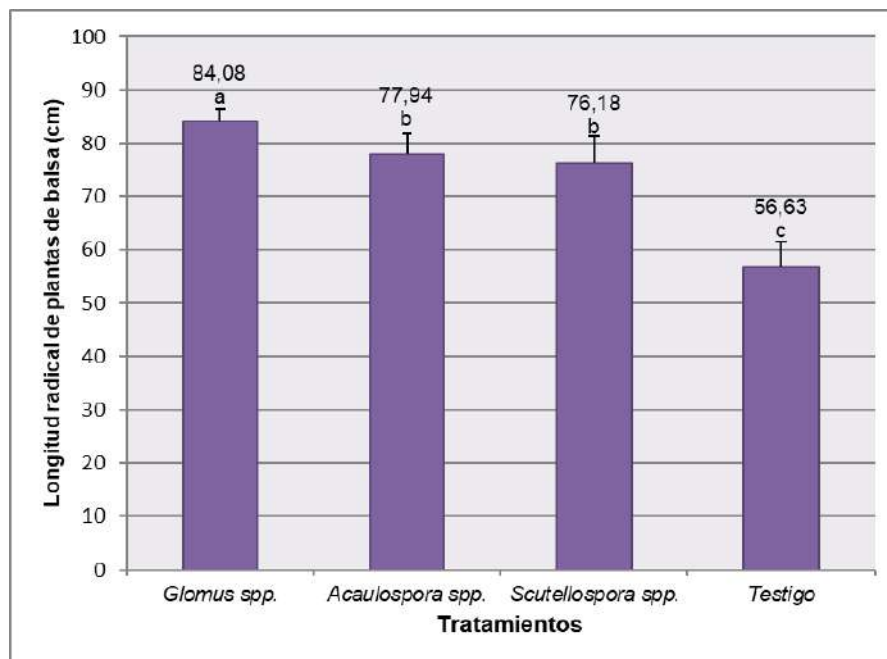


Figura 7. Longitud radical de plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones. Los valores representan la media de diez repeticiones, con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas.

3.9. Longitud de raíz por volumen de suelo (RLv)

Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones en las plantas de balsa, con respecto a la variable longitud de raíz por volumen de suelo. En la Figura 8 se observa que el tratamiento más efectivo de los cuatro utilizados en la presente investigación fue *Glomus* spp., con un valor de 1,09 cm cm⁻³. Le siguió el tratamiento *Acaulospora* spp. con 0,8 cm cm⁻³. Por otro lado, los tratamientos *Scutellospora* spp. y el tratamiento testigo (agua destilada estéril) mostraron valores estadísticamente similares entre sí, ambos con un valor de 0,56 cm cm⁻³, siendo los valores más bajos para la variable longitud de raíz por volumen de suelo.

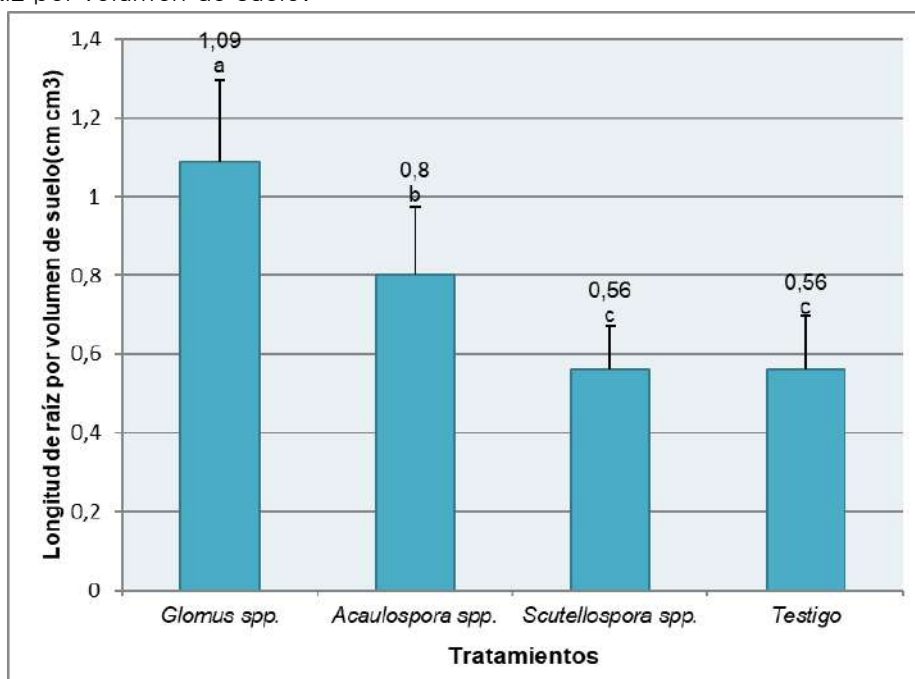


Figura 8. Longitud total de raíz por volumen de suelo (RLv) en plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones. Los valores representan la media de

cinco repeticiones, con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

3.10. Porcentaje de pelos radicales

La Figura 9 muestra un efecto significativo ($p < 0,05$) en el porcentaje de pelos radicales en plantas de balsa a los 90 días después de las inoculaciones. El tratamiento *Glomus* spp. presentó el mayor porcentaje de pelos radicales con un valor de 2,78%, aunque no difirió estadísticamente del tratamiento *Acaulospora* spp., que alcanzó un porcentaje de 2,39% en la evaluación. El tratamiento *Scutellospora* spp. obtuvo un promedio de 2,26%, mientras que el tratamiento testigo, que no recibió inoculación de hongos micorrízicos arbusculares, tuvo un porcentaje de 1,36% de pelos radicales. Nuevamente, el tratamiento testigo reportó el valor más bajo, como ha sido la tendencia en las demás variables evaluadas.

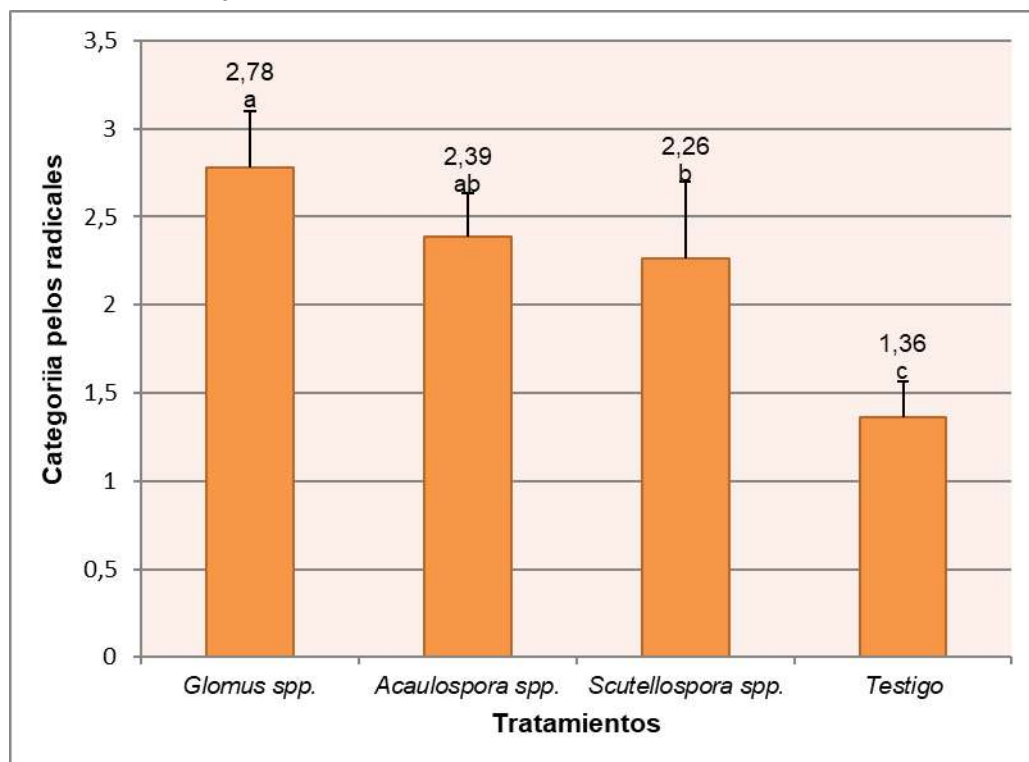


Figura 9. Porcentaje de pelos radicales en plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones. Los valores representan la media de diez repeticiones, con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

4. Discusión

Los autores El análisis de varianza (ANOVA) realizado en esta investigación reveló la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Los valores de alta densidad visual sugieren que los consorcios micorrízicos se establecieron rápidamente en las raíces de las plantas de balsa (*Ochroma pyramidale*) a los 90 días después de las inoculaciones, lo que indica un proceso de infección veloz y una buena densidad de hongos dentro de las raíces. En contraste, estudios previos como el de Tobar-Franco [41] mostraron una infección lenta y escasa a los 180 días después de las inoculaciones, lo cual puede atribuirse a la especificidad evolutiva de los hongos hacia su huésped original. La especificidad ecológica de las micorrizas arbusculares implica que los monocultivos pueden seleccionar los hongos que necesitan, reduciendo así los beneficios potenciales para otras plantas [42,43].

La elección del género de planta utilizada como planta trampa también influye en los resultados, como señalan Morales y Durango [44], quienes obtuvieron mejores resultados con la propagación de esporas de hongos micorrízicos utilizando sorgo (*S. vulgare*). Además, durante la inoculación de los consorcios micorrízicos en las plantas trampa, puede haber presencia de

hongos saprófitos del suelo, como *Trichocladium* sp., lo que sugiere que este hongo puede vivir en la rizosfera asociado a gramíneas [44].

En relación a la población de esporas, todos los consorcios micorrízicos incrementaron su población micorrízica, siendo el consorcio micorrízico *Glomus* spp. el que alcanzó la mayor población de esporas con 450 esporas/100gss, un inóculo menor en comparación con el obtenido por Enríquez [45] de 20,400 esporas/100gss, pero suficiente para lograr los propósitos de inoculación. La esporulación no refleja directamente el nivel de colonización en las raíces de la planta, ya que la esporulación ocurre después de que la biomasa ha pasado el umbral crítico en la raíz, y su desarrollo continúa con el tiempo. Es importante incrementar el porcentaje de estructuras micorrízicas dentro de la raíz para producir una población de esporas alta.

La significancia estadística mostró diferencias para todas las variables evaluadas en esta investigación, lo que sugiere que los consorcios otorgaron cantidades diferentes de materia húmeda y seca a las plantas huésped debido a la alta densidad del endófito en las raíces, lo que a su vez contribuyó con cantidades distintas de nutrientes y marcó la diferencia en el crecimiento vegetativo de la planta. Entry et al. [46] mencionan que la colonización micorrízica resulta en el incremento del área foliar y la biomasa total y radical de las plantas asociadas, lo cual es alcanzado con una buena colonización micorrízica. La diversidad de los consorcios micorrízicos utilizados también influyó en el comportamiento diferencial de las plantas huésped, ya que no todos los consorcios poseían las mismas poblaciones de morfoespecies.

El análisis de ANOVA para la variable altura de planta reveló diferencias estadísticas significativas a los 90 días después de las inoculaciones. Esto concuerda con los resultados obtenidos por [47,48], quienes encontraron diferencias significativas a diferentes periodos después de la inoculación, lo que sugiere que el simbionte micorrízico requiere de un período inicial de incubación variable dependiendo del hospedero.

En cuanto a la variable longitud de raíz por planta (RL) y longitud de raíz por volumen de suelo (RLv), las plantas de balsa inoculadas con consorcios micorrízicos del género *Glomus*, *Acaulospora* y *Scutellospora* obtuvieron una longitud de raíz más grande que el testigo. Estos resultados son consistentes con los hallazgos encontrados por [49,50], que también encontraron incrementos en la longitud radicular de plantas con inoculación micorrízica.

5. Conclusiones

El presente estudio demostró que la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de Balsa en fase de vivero resulta altamente beneficiosa, mejorando significativamente las condiciones fenotípicas a los 90 días después de las inoculaciones. El consorcio micorrízico *Glomus* extraído de sistemas agroforestales con cacao de la zona de Quevedo mostró los mejores resultados para las variables evaluadas en las plantas de Balsa.

Este enfoque beneficiará a los productores forestales y la industria maderera al mejorar la calidad y el rendimiento de las plantaciones de Balsa, además de tener un impacto ambiental positivo al favorecer prácticas sostenibles en el manejo forestal y la conservación de suelos. La utilización de hongos micorrízicos como inoculantes puede reducir la dependencia de fertilizantes químicos y proteger los recursos naturales.

Además, este estudio enriquecerá el conocimiento científico sobre las interacciones entre hongos micorrízicos y plantas, permitiendo el desarrollo de estrategias más efectivas y sustentables en la agricultura y reforestación. Se recomienda evaluar las plantas inoculadas en el sitio de trasplante definitivo para validar la eficacia a largo plazo. Los actores beneficiados incluyen productores, agricultores, viveristas, tomadores de decisiones y la comunidad científica, quienes podrán aprovechar estos resultados para promover prácticas ambientalmente amigables y el desarrollo de políticas de manejo forestal sostenible.

Contribución de autores: conceptualización, C.V.M.C., R.J.H-F. y M.S.C-P.; metodología, C.V.M.C. y R.J.H-F.; software, M.S.C-P. y J.M-C.; validación, M.S.C-P. y J.M-C.; análisis formal, C.V.M.C., R.J.H-F. y M.S.C-P.; investigación, C.V.M.C., R.J.H-F., M.S.C-P. y J.M-C.; recursos, C.V.M.C. y R.J.H-F.; curaduría de datos, C.V.M.C. y R.J.H-F.; redacción-revisión y edición, C.V.M.C., R.J.H-F., M.S.C-P. y J.M-C.; visualización, C.V.M.C. y R.J.H-F.;

supervisión, M.S.C-P. y J.M-C.; administración de proyectos, C.V.M.C. y R.J.H-F.; adquisición de fondos, C.V.M.C. y R.J.H-F.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Marro, N.; Grilli, G.; Soteras, F.; Caccia, M.; Longo, S.; Cofré, N.; Borda, V.; Burni, M.; Janoušková, M.; Urcelay, C. The Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Species and Taxonomic Groups on Stressed and Unstressed Plants: A Global Meta-analysis. *New Phytol.* **2022**, *235*, 320–332.
2. Weng, W.; Yan, J.; Zhou, M.; Yao, X.; Gao, A.; Ma, C.; Cheng, J.; Ruan, J. Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi as a Biocontrol Agent in the Control of Plant Diseases. *Microorganisms* **2022**, *10*, 1266.
3. Bennett, A.E.; Groten, K. The Costs and Benefits of Plant–Arbuscular Mycorrhizal Fungal Interactions. *Annu. Rev. Plant Biol.* **2022**, *73*, 649–672.
4. Chandrasekaran, M. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Mediated Enhanced Biomass, Root Morphological Traits and Nutrient Uptake under Drought Stress: A Meta-Analysis. *J. Fungi* **2022**, *8*, 660.
5. Xie, K.; Ren, Y.; Chen, A.; Yang, C.; Zheng, Q.; Chen, J.; Wang, D.; Li, Y.; Hu, S.; Xu, G. Plant Nitrogen Nutrition: The Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *J. Plant Physiol.* **2022**, *269*, 153591.
6. Wang, Y.; Zou, Y.-N.; Shu, B.; Wu, Q.-S. Deciphering Molecular Mechanisms Regarding Enhanced Drought Tolerance in Plants by Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. **2023**, *308*, 111591.
7. Tisarum, R.; Samphumphuang, T.; Yooyoungwech, S.; Singh, H.P.; Cha-um, S. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Modulate Physiological and Morphological Adaptations in Para Rubber Tree (*Hevea Brasiliensis*) under Water Deficit Stress. *Biologia (Bratisl)*. **2022**, *77*, 1723–1736.
8. Kalamulla, R.; Karunaratna, S.C.; Tibpromma, S.; Galappaththi, M.C.A.; Suwannarach, N.; Stephenson, S.L.; Asad, S.; Salem, Z.S.; Yapa, N. Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Sustainable Agriculture. *Sustainability* **2022**, *14*, 12250.
9. Sarathambal, C.; Sivaranjani, R.; Srinivasan, V.; Alagupalamuthirsolai, M.; Subila, K.P.; Anamika, B. Effect of Arbuscular Mycorrhizal Inoculation on Growth, Mineral Nutrient Uptake, Photosynthesis and Antioxidant Activities of Black Pepper Cuttings. *J. Plant Nutr.* **2023**, *46*, 2508–2524.
10. Ma, S.; Yue, J.; Wang, J.; Jia, Z.; Li, C.; Zeng, J.; Liu, X.; Zhang, J. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Alleviate Salt Stress Damage by Coordinating Nitrogen Utilization in Leaves of Different Species. *Forests* **2022**, *13*, 1568.
11. Khan, Y.; Shah, S.; Tian, H. The Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Influencing Plant Nutrients, Photosynthesis, and Metabolites of Cereal Crops—A Review. *Agronomy* **2022**, *12*, 2191.
12. Wang, L.; Yang, D.; Ma, F.; Wang, G.; You, Y. Recent Advances in Responses of Arbuscular Mycorrhizal Fungi–Plant Symbiosis to Engineered Nanoparticles. *Chemosphere* **2022**, *286*, 131644.
13. Khaliq, A.; Perveen, S.; Alamer, K.H.; Zia Ul Haq, M.; Rafique, Z.; Alsudays, I.M.; Althobaiti, A.T.; Saleh, M.A.; Hussain, S.; Attia, H. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Symbiosis to Enhance Plant–Soil Interaction. *Sustainability* **2022**, *14*, 7840.
14. Noceto, P.-A.; Bettenfeld, P.; Boussageon, R.; Hériché, M.; Sportes, A.; van Tuinen, D.; Courty, P.-E.; Wipf, D. Arbuscular Mycorrhizal Fungi, a Key Symbiosis in the Development of Quality Traits in Crop Production, Alone or Combined with Plant Growth–Promoting Bacteria. *Mycorrhiza* **2021**, *31*, 655–669.
15. Ma, X.; Geng, Q.; Zhang, H.; Bian, C.; Chen, H.Y.H.; Jiang, D.; Xu, X. Global Negative Effects of Nutrient Enrichment on Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Plant Diversity and Ecosystem Multifunctionality. *New Phytol.* **2021**, *229*, 2957–2969.
16. Fall, A.F.; Nakabonge, G.; Ssekandi, J.; Founoune-Mboup, H.; Apori, S.O.; Ndiaye, A.; Badji, A.; Ngom, K. Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Soil Fertility: Contribution in the Improvement of Physical, Chemical, and Biological Properties of the Soil. *Front. Fungal Biol.* **2022**, *3*.
17. Gou, X.; Ni, H.; Sadowsky, M.J.; Chang, X.; Liu, W.; Wei, X. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Alleviate Erosion–Induced Soil Nutrient Losses in Experimental Agro–Ecosystems. *Catena* **2023**, *220*, 106687.
18. Zheng, Y.; Chen, N.; Yu, K.; Zhao, C. The Effects of Fine Roots and Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Soil Macropores. *Soil Tillage Res.* **2023**, *225*, 105528.
19. Matos, P.S.; Silva, C.F. da; Damian, J.M.; Cerri, C.E.P.; Pereira, M.G.; Zonta, E. Beneficial Services of Glomalin and Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Degraded Soils in Brazil. *Sci. Agric.* **2021**,

- 79.
20. Messa, V.R.; Savioli, M.R. Improving Sustainable Agriculture with Arbuscular Mycorrhizae. *Rhizosphere* **2021**, *19*, 100412.
21. Bi, Y.; Xiao, L.; Guo, C.; Christie, P. Revegetation Type Drives Rhizosphere Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Soil Organic Carbon Fractions in the Mining Subsidence Area of Northwest China. *Catena* **2020**, *195*, 104791.
22. Xiao, L.; Lai, S.; Chen, M.; Long, X.; Fu, X.; Yang, H. Effects of Grass Cultivation on Soil Arbuscular Mycorrhizal Fungi Community in a Tangerine Orchard. *Rhizosphere* **2022**, *24*, 100583.
23. Liu, J.; Zhang, J.; Li, D.; Xu, C.; Xiang, X. Differential Responses of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Communities to Mineral and Organic Fertilization. *Microbiologyopen* **2020**, *9*, e00920.
24. Rillig, M.C.; Aguilar-Trigueros, C.A.; Camenzind, T.; Cavagnaro, T.R.; Degruene, F.; Hohmann, P.; Lammel, D.R.; Mansour, I.; Roy, J.; van der Heijden, M.G.A. Why Farmers Should Manage the Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. *New Phytol.* **2019**, *222*, 1171–1175.
25. Gujre, N.; Soni, A.; Rangan, L.; Tsang, D.C.W.; Mitra, S. Sustainable Improvement of Soil Health Utilizing Biochar and Arbuscular Mycorrhizal Fungi: A Review. *Environ. Pollut.* **2021**, *268*, 115549.
26. Duan, H.-X.; Luo, C.-L.; Li, J.-Y.; Wang, B.-Z.; Naseer, M.; Xiong, Y.-C. Improvement of Wheat Productivity and Soil Quality by Arbuscular Mycorrhizal Fungi Is Density- and Moisture-Dependent. *Agron. Sustain. Dev.* **2021**, *41*, 1–12.
27. Ferrol, N.; Azcón-Aguilar, C.; Pérez-Tienda, J. Arbuscular Mycorrhizas as Key Players in Sustainable Plant Phosphorus Acquisition: An Overview on the Mechanisms Involved. *Plant Sci.* **2019**, *280*, 441–447.
28. Kuila, D.; Ghosh, S. Aspects, Problems and Utilization of Arbuscular Mycorrhizal (AM) Application as Bio-Fertilizer in Sustainable Agriculture. *Curr. Res. Microb. Sci.* **2022**, *3*, 100107.
29. MAATE *Plan Nacional de Restauración Forestal 2019 – 2030*; Quito-Ecuador, 2019;
30. González, B.; Oviedo, B.; Simba, L. Un Cultivo Resiliente Para Enfrentar El Cambio Climático, La Balsa (Ochroma Pyramidale Sw). *Rev. Científica Cienc. y Tecnol.* **2018**, *18*.
31. Romero, E.J.; Franco, L.G.; Patiño, M.C.; Patiño, H.M.C.; Carriel, J.M.; Chévez, M.M. Germinación y Crecimiento de Ochroma Pyramidale (Cav. Ex Lam.) Urb. En Ecuador. *Sci. Agropecu.* **2017**, *8*, 243–250.
32. Pinargote, C.B.; Apuntes, E.S.; Romero, O.D.; Navarrete, P.D.; Cando, M.G. Hongos de Micorriza Arbuscular Presentes En Ochroma Pyramidale (Cav. Ex Lam.) Urb.(Balsa) En Ecuador. *J. Sci. Res.* **2020**, *5*, 71–84.
33. Osorio, B.G.; Fonseca, C.S.; Navarrete, E.D.T.; Simba, L.; Chancay, X.R. Caracterización Del Cultivo de Balsa (Ochroma Pyramidale) En La Provincia de Los Ríos-Ecuador. *Cienc. y Tecnol.* **2010**, *3*, 7–11.
34. Tawaraya, K.; Turjaman, M. Use of Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Reforestation of Degraded Tropical Forests. In *Mycorrhizal Fungi: Use in Sustainable Agriculture and Land Restoration*; Springer, 2014; pp. 357–373.
35. Kiers, E.T.; Lovelock, C.E.; Krueger, E.L.; Herre, E.A. Differential Effects of Tropical Arbuscular Mycorrhizal Fungal Inocula on Root Colonization and Tree Seedling Growth: Implications for Tropical Forest Diversity. *Ecol. Lett.* **2000**, *3*, 106–113.
36. Pinargote, C.B.; Gill, D.C.; Benavides, O.P.; Tobar, R.L.; Apuntes, E.S.; Bone, F.M. Hongos Formadores de Micorriza Arbuscular Asociados a Plantaciones de Ochroma Pyramidale (Cav. Ex Lam.) Urb.(Balsa) En El Trópico Húmedo Ecuatoriano. *Cienc. y Tecnol.* **2019**, *12*, 57–63.
37. Gerdemann, J.W.; Nicolson, T.H. Spores of Mycorrhizal Endogone Species Extracted from Soil by Wet Sieving and Decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **1963**, *46*, 235–244.
38. Phillips, J.M.; Hayman, D.S. Improved Procedures for Clearing Roots and Staining Parasitic and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Rapid Assessment of Infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **1970**, *55*, 158–IN18.
39. Giovannetti, M.; Mosse, B. An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots. *New Phytol.* **1980**, 489–500.
40. Jungk, A.; Claassen, N. Ion Diffusion in the Soil-Root System. *Adv. Agron.* **1997**, 53–110.
41. Franco, J.T. Selección En Invernadero de Inóculos de Micorriza Arbuscular (MA) Para El Establecimiento de La Alfalfa En Un Andisol de La Sabana de Bogotá. *Univ. Sci.* **2006**, *11*, 87–103.
42. Blanco, F.; Salas, E. Micorrizas En La Agricultura: Contexto Mundial e Investigación Realizada En Costa Rica. *Agron. Costarric.* **1997**, *21*, 55–67.
43. Gosling, P.; Hodge, A.; Goodlass, G.; Bending, G.D. Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Organic Farming. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2006**, *113*, 17–35.
44. Morales, R.; Durango, W. Resultados En La Obtención de Inóculos Nativos de Hongos Micorrízicos En Cultivos de Cacao (Theobroma Cacao) y Soya (Glycine Max). In Proceedings of the XI Congreso

- Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Quito, Ecuador; 2008; pp. 1–9.
45. Enriquez Montes, W.G. Efecto de La Inoculación de Hongos Micorrízicos Arbusculares En Plantas de *Ochroma Pyramidale* (Balsa), En Fase de Vivero. **2013**.
46. Entry, J.A.; Rygiewicz, P.T.; Watrud, L.S.; Donnelly, P.K. Influence of Adverse Soil Conditions on the Formation and Function of Arbuscular Mycorrhizas. *Adv. Environ. Res.* **2002**, *7*, 123–138.
47. Motta, D.F.; Munévar, F. Respuesta de Plántulas de Palma de Aceite a La Micorrización. *Palmas* **2005**, *26*, 11–20.
48. Cruz, E.A. Efecto de Mycoral® En Las Etapas de Previvero y Vivero Con Dos Niveles de Fertilización En Palma Africana (*Elaeis Guineensis*) En Atlántida, Honduras 2007.
49. Moreta, D.E. Evaluación de Sustratos Inorgánicos Para La Exportación de Inoculante de Micorriza Vesículo–Arbuscular 2002.
50. Castillo, C. Biodiversidad y Efectividad de Hongos Micorrízicos Arbusculares En Ecosistemas Agro–Forestales Del Centro Sur de Chile. *Univ. la Front. Temuco, Chile* **2005**.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en *Ochroma pyramidale* (balsa) en fase de vivero

Carmen Victoria Marín Cuevas¹  Robinson J. Herrera-Feijoo^{1,2*}  
Mercedes Susana Carranza-Patiño¹  Jaime Morante-Carriel¹ 

¹ Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo Av. Quito km, 1 1/2 Vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo 120550, Ecuador

² Unidad de Posgrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo Av. Quito km, 1 1/2 Vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo 120550, Ecuador

 Correspondencia: herreraf2@uteq.edu.ec  + 593 0980563032

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62084>

Resumen: El presente estudio investiga la importancia de la inoculación de micorrizas arbusculares (HMA) en plantas de balsa (*Ochroma pyramidale*) en fase de vivero. Los HMA desempeñan un papel fundamental en la mejora de la absorción de nutrientes, el crecimiento de las plantas y la resistencia al estrés hídrico, lo que puede beneficiar la productividad y la sostenibilidad en la gestión forestal. Los objetivos del estudio fueron cuantificar las esporas, evaluar la colonización micorrízica y analizar variables dasométricas en plantas inoculadas. Se observaron diferencias significativas entre tratamientos, siendo el consorcio *Glomus spp.* el que presentó mayor densidad de colonización visual, longitud y peso de las raíces y porcentaje de pelos radiculares. El consorcio *Glomus spp.* fue el más eficaz para mejorar el crecimiento de la planta de balsa, seguido de *Acaulospora spp.* y *Scutellospora spp.* Recomendamos validar la eficacia a largo plazo de la inoculación en el lugar final del trasplante y considerar la diversidad de consorcios micorrízicos para aumentar los beneficios. Este estudio se suma al conocimiento científico de las interacciones AMF-planta y proporciona una valiosa herramienta para promover prácticas sostenibles en reforestación y gestión forestal, reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos y conservando los recursos naturales.

Palabras claves: Esporas, Crecimiento vegetativo, Colonización micorrízica, Manejo forestal.

Inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi on *Ochroma pyramidale* (balsa) in the nursery stage

Abstract: The present study investigates the importance of arbuscular mycorrhizal (AMF) inoculation in nursery stage balsa (*Ochroma pyramidale*) plants. AMF play a critical role in improving nutrient uptake, plant growth and resistance to water stress, which may benefit productivity and sustainability in forest management. The objectives of the study were to quantify spores, assess mycorrhizal colonisation and analyse dasometric variables in inoculated plants. Significant differences were observed between treatments, with the *Glomus spp.* consortium having the highest visual colonisation density, root length and weight, and percentage of root hairs. The *Glomus spp.* consortium was most effective in improving balsa plant growth, followed by *Acaulospora spp.* and *Scutellospora spp.* We recommend validating the long-term efficacy of inoculation at the



Cite: Marín Cuevas, C. V., Herrera-Feijoo, R. J., Carranza-Patiño, M. S., & Morante-Carriel, J. (2023). Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en *Ochroma pyramidale* (balsa) en fase de vivero. Green World Journal, 6(2), 84. <https://doi.org/10.53313/gwj62084>

Received: 02/Mar/2023
Accepted: 29/Jul/2023
Published: 05/Aug/2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.
Creative Commons Attribution (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

final transplant site and considering the diversity of mycorrhizal consortia to increase benefits. This study adds to the scientific knowledge of AMF-plant interactions and provides a valuable tool for promoting sustainable practices in reforestation and forest management, reducing dependence on chemical fertilisers and conserving natural resources.

Keywords: Spores, Vegetative growth, Mycorrhizal colonization, Forestry management

1. Introducción

El estudio de los hongos formadores de micorrizas ha suscitado un creciente interés desde el siglo XVIII, cuando M. Janse identificó micorrizas arbusculares en plantaciones de café en 1897[1–3]. La relevancia de estos hongos radica en sus múltiples funciones, como la captación de nutrientes[4,5], la modulación de la fisiología de las plantas[6,7] y su potencial para mejorar la productividad vegetal[8]. De la simbiosis entre las plantas y los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), surge una asociación simbiótica que beneficia a las plantas al mejorar la absorción de nutrientes, estimular el crecimiento foliar y aumentar la tasa fotosintética, además de fortalecer su capacidad para resistir el estrés hídrico[9–11].

Investigaciones previas, destacan los beneficios que las plantas obtienen al ser colonizadas por HMA, incluyendo un mejor enraizamiento y crecimiento, mayor captación de iones y nutrientes, capacidad de absorción de nutrientes poco móviles en el suelo y una mayor resistencia a la sequía y a patógenos radiculares[3,12–15]. Dichos beneficios no solo influyen en la productividad vegetal, sino que también tienen un impacto positivo en el medio ambiente, al contribuir al control de la erosión y la regeneración de la cobertura vegetal en suelos degradados[16–19]. Considerando la concepción de desarrollo sustentable, la gestión adecuada de los hongos micorrízicos se convierte en un factor esencial, promoviendo el uso racional de fertilizantes y plaguicidas y mejorando la estructura del suelo a través del micelio extraradical que se extiende en el suelo[20–28].

En el contexto ecuatoriano, se ha planteado un ambicioso plan nacional de forestación y reforestación para convertir al país en una potencia forestal[29]. Una de las especies seleccionadas para este propósito es la *Ochroma pyramidale*, conocida como Balsa, que cuenta con un alto valor comercial y un rápido crecimiento[30–33]. Sin embargo, para garantizar la calidad de los productos maderables y la propagación con calidad genética, es fundamental investigar el efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de Balsa en fase de vivero[32,34–36].

Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo general analizar el efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de *Ochroma pyramidale* (Balsa) en fase de vivero. Para lograrlo, se plantean los siguientes objetivos específicos: 1) Cuantificar el número de esporas existentes en las plantas después de la inoculación; 2) Evaluar la infectividad micorrízica en las raíces de las plantas y 3) Determinar el crecimiento de las variables dasométricas de las mismas.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

Los análisis de las diferentes variables en plantas de *Ochroma pyramidale* (balsa) se llevaron a cabo en el laboratorio de Microbiología Ambiental y Vegetal de la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTEQ).

2.2 Fase de campo

En esta sección se realizó la inoculación de plantas de balsa con 30 esporas de hongos micorrízicos arbusculares previamente identificados a nivel de género. Las plantas se cultivaron en un sustrato compuesto por suelo más arena estéril y se regaron con agua destilada estéril. Luego de un período de 90 días desde las inoculaciones, se realizó una evaluación en la que se analizaron las siguientes variables: Altura de las plantas, Peso húmedo y seco del sistema foliar y radicular, Longitud total de las raíces (RL), Densidad radicular (RLv), Número de esporas de hongos micorrízicos presentes en 100 g de suelo húmedo (gsh-1) por maceta, Porcentaje de

densidad visual (micorrización) en las raíces, Presencia de pelos radicales. Estos parámetros se evaluaron con el fin de determinar el efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en el crecimiento y desarrollo de las plantas de balsa

2.3 Fase de laboratorio

Se utilizó el método descrito por Gerdemann y Nicolson [37], quienes proponen modificaciones para el aislamiento y conteo de esporas del suelo. En primer lugar, se pesaron 100 g de suelo y se colocaron en un vaso de precipitación, al que se añadió 1000 mL de agua y se agitó durante 3 a 5 minutos para disgregar los terrones, adaptando la duración según el tipo de suelo. Posteriormente, la suspensión se dejó reposar durante 2 minutos y se pasó a través de tamices con apertura de mallas de 425, 90 y 25 μm para separar las esporas según su tamaño. Este proceso de agitación y decantación se repitió en tres ocasiones. Luego, el material atrapado en los diferentes tamices se recogió y se vertió en vasos de precipitación de 100 mL con 40 a 50 mL de agua destilada.

En tubos de centrifuga de 15 mL, se prepararon soluciones de sacarosa al 20% y al 60%. Primero se agregaron 5 mL de la solución al 20%, y luego se vertieron 5 mL de la solución al 60% en el fondo de la anterior, creando una gradiente de sacarosa. A continuación, se añadieron 5 mL de la solución del suelo recogido de los tamices, asegurándose de que la solución quedara por debajo del suelo suspendido en agua. Los tubos se sellaron con parafilm y se centrifugaron durante 3 minutos a 3000 r.p.m. Una vez terminada la centrifugación, los tubos se retiraron cuidadosamente, evitando romper la interfase agua-sacarosa. El contenido de los tubos se vertió en un tamiz de 25 μm y se lavó con agua destilada para eliminar la sacarosa. Posteriormente, el contenido del tamiz se recogió en envases de vidrio y se agregó en cajas de Petri cuadrículadas, con aproximadamente 1,25 cm entre líneas, para realizar el conteo de esporas.

2.3.1 Tinción de raíces

Para determinar el porcentaje de colonización micorrízica en las raíces de balsa, se utilizó el método propuesto por Phillips y Hayman [38]. Inicialmente, las raíces se lavaron con agua corriente y luego se trataron con solución de hidróxido de potasio (KOH) al 10% en un baño de María a 90°C durante 15 minutos. Después de eliminar el KOH y lavar nuevamente las raíces, se realizó un tratamiento adicional de blanqueo con peróxido de hidrógeno (3%) si las raíces presentaban pigmentación oscura. Posteriormente, se lavaron en solución de KOH al 10% mezclada con H₂O₂ al 10% durante 10 minutos y se acidificaron con una solución de ácido clorhídrico (HCl) al 1N durante 10 minutos. Seguidamente, las raíces se tiñeron con Azul de Tripiano en lactoglicerol y se sometieron a un baño de María durante 15 minutos. Después del proceso de tinción, se lavaron en agua destilada y se dejaron reposar para eliminar el exceso de colorante. Luego, se montaron 50 segmentos de raíces en láminas portaobjetos con glicerol al 50% y se observaron al microscopio a 40x. La frecuencia (%) de colonización radicular se determinó considerando los segmentos colonizados y no colonizados, contabilizando las estructuras micorrízicas presentes para obtener el porcentaje de colonización micorrízica en las raíces de las plantas de balsa

2.3.2 Diseño de tratamientos

En el marco de esta investigación, se emplearon cuatro tratamientos diferentes (inoculantes), cada uno de los cuales se replicó diez veces para asegurar robustez en los resultados. Los tratamientos utilizados fueron los siguientes:

T1: Consorcios micorrízicos del género *Glomus*.

T2: Consorcios micorrízicos del género *Acaulospora*.

T3: Consorcios micorrízicos del género *Scutellospora*.

T4: Testigo (Agua destilada estéril).

2.3.3 Diseño experimental (comparación entre medias)

Los tratamientos se dispusieron en un Diseño Completamente al Azar (Tabla 1).

Tabla 1. Esquema del análisis de la varianza para el diseño experimental

Fuente de Variación	Grados de libertad
Tratamientos	$t-1 = 3$
Error	$t(r-1) = 36$
Total	$(t \times r) - 1 = 39$

2.3.4 Modelo matemática y estadístico.

El modelo matemático utilizado en cada experimento y que describe el comportamiento de las variables de respuesta es el siguiente:

$$Y_{ik} = \mu + T_i + \varepsilon_{ik}$$

μ = Media poblacional

T_i = Efecto del i -ésimo localidad

ε_{ik} = Error experimental para cada observación.

Por otra parte, las comparaciones de medias se realizaron mediante la prueba de Tukey al 5 % de probabilidades de error. Los resultados se tabularon con el paquete estadístico INFOSTAT.

2.3.5 Colonización micorrízica

La variable de colonización endomicorrízica se evaluó a los 90 días mediante el método de clarificación y tinción de raíces siguiendo la técnica de Phillips y Hayman [38], utilizando una escala de 0 a 5 propuesta por Giovannetti y Mosse [39]. Para ello, se distribuyeron homogéneamente muestras de raíces de peso conocido en placas de Petri reticuladas, después de ser decoloradas previamente con solución alcalina y sometidas a tinción en medio ácido. Luego, las raíces se observaron bajo un microscopio estereoscópico y se contabilizaron las raíces interceptadas por el reticulado de la placa siguiendo un recorrido ordenado. La frecuencia e intensidad de la micorrización se determinaron asignando un valor a la clase correspondiente.

El número de esporas por cada tratamiento se cuantificó utilizando el método descrito por Gerdemann y Nicolson [37], como se mencionó previamente.

Para medir la altura de las plantas, se midieron diez plantas de cada repetición desde la base de la planta (cuello) hasta la última hoja visible del extremo superior, utilizando una cinta métrica y expresando los valores en centímetros.

La producción de materia húmeda y seca foliar y radicular se determinó pesando el material fresco de las plantas y la masa radicular, respectivamente. Luego, se colocaron en una estufa a 75°C durante 48 horas y se registró el peso seco. Estas variables se evaluaron a los 90 días.

La evaluación de los pelos radicales siguió la metodología propuesta por Giovannetti y Mosse [39]. La longitud total de raíces por planta (RL) se calculó sumando todas las longitudes de cada raíz individual en cm, utilizando la fórmula propuesta por Jungk y Claassen [40]. Estas mediciones se realizaron a los 90 días después de la siembra.

$$RL = \frac{\text{Peso fresco raíces por maceta}}{\text{Número de plantas por maceta}} \times RLs$$

Donde RLs = Largo específico de la raíz

2.3.6 Longitud de raíz por volumen de suelo (RLv)

Es el parámetro que estima la competición interradicular por nutrientes. Se expresa en cm^{-3} . A continuación, se detalla la ecuación que se empleó para su cálculo.

$$RL_v = \frac{RL \times (\text{número de plantas por maceta})}{(\text{Volumen de suelo} \div \text{densidad de suelo})}$$

3. Resultados

3.1. Población de esporas de hongos MA

Se encontró que el tratamiento que contenía el consorcio micorrízico del género *Glomus* spp. presentó la mayor concentración de esporas, con un total de 450 esporas por cada 100 gramos de suelo húmedo (gsh-1). El siguiente tratamiento con mayor cantidad de esporas fue el que contenía el consorcio micorrízico del género *Acaulospora* spp., con un total de 252 esporas, mientras que el tratamiento con el consorcio micorrízico del género *Scutellospora* spp. mostró el menor número de esporas, con 126 esporas. Para la recolección de esporas, se emplearon cuatro tipos de tamices con diferentes aperturas de mallas, colocados en orden descendente de tamaño: 500, 425, 90 y 25 μm , para separar las esporas de hongos micorrízicos arbusculares según su tamaño (Tabla 2).

Tabla 2. Población de esporas de hongos MA aisladas por cada 100 gramos de suelo húmedo (gsh-1), a los 90 días después de las inoculaciones en cuatro tipos de tamices con diferente apertura de malla 500, 425, 90 y 25 μm , utilizando plantas de balsa.

Apertura de Tamiz	<i>Glomus</i> spp.	<i>Acaulospora</i> spp.	<i>Scutellospora</i> spp.
500 μm	2	13	0
425 μm	17	21	3
90 μm	156	96	48
25 μm	275	122	75
Total	450	252	126

3.2. Densidad de colonización micorrízica en raíces

Se encontraron diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de densidad de colonización micorrízica en las raíces de balsa a los 90 días después de las inoculaciones entre los diferentes tratamientos. El tratamiento que contenía el consorcio micorrízico del género *Glomus* spp. demostró una alta capacidad de infección, mostrando una densidad visual de micorrización de 23,48%, la cual fue ampliamente superior a los demás tratamientos. Por otro lado, los tratamientos con consorcios micorrízicos de *Acaulospora* spp. y *Scutellospora* spp. no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sí, obteniendo porcentajes de colonización micorrízica similares, con valores de 14,66% y 14,95%, respectivamente. El tratamiento testigo, que no recibió inoculación de hongos MA y permaneció en un suelo estéril durante todo el tiempo, no presentó colonización micorrízica como se esperaba (Figura 1).

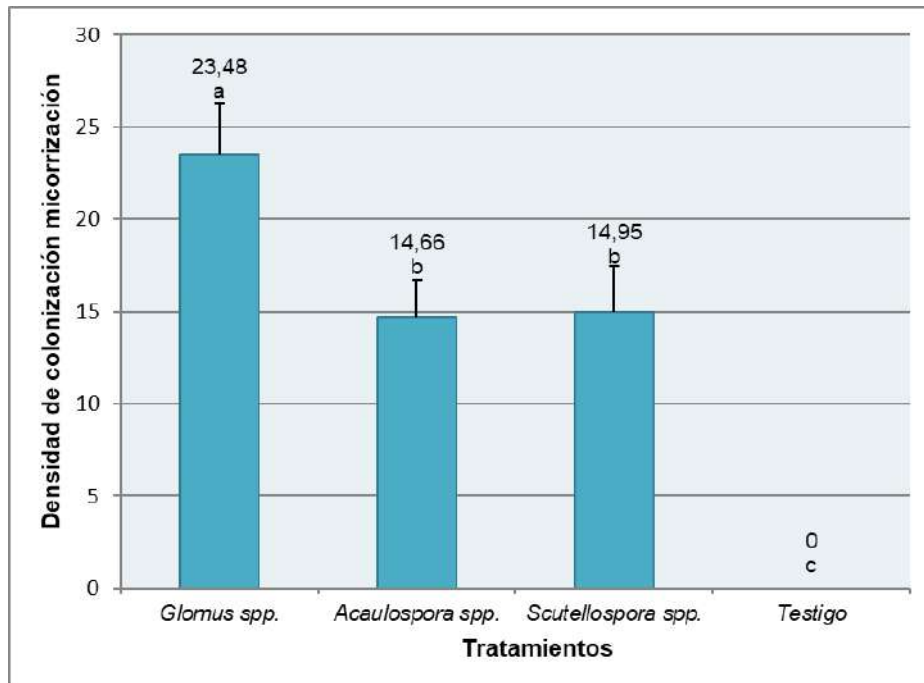


Figura 1. Porcentaje de densidad de colonización micorrizica en raíces de balsa. Los valores representan la media de 150 raicillas evaluadas, con barras de desviación estándar.

3.3. Altura de las plantas

En relación a las variables dasométricas evaluadas en las plantas de balsa, se analizó la altura de las mismas, mostrando diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, tal como se evidencia en la figura 2. Los tratamientos más favorables fueron *Glomus* spp. y *Acaulospora* spp., con alturas de 52,44 cm y 49,99 cm, respectivamente, mostrando similitud estadística entre ellos, pero difiriendo significativamente del tratamiento que contenía hongos MA, es decir, *Scutellospora* spp., con una altura de 45,27 cm. Por otro lado, el tratamiento testigo, que no recibió inoculación de hongos MA, presentó la altura más baja con 36,69 cm para esta variable.

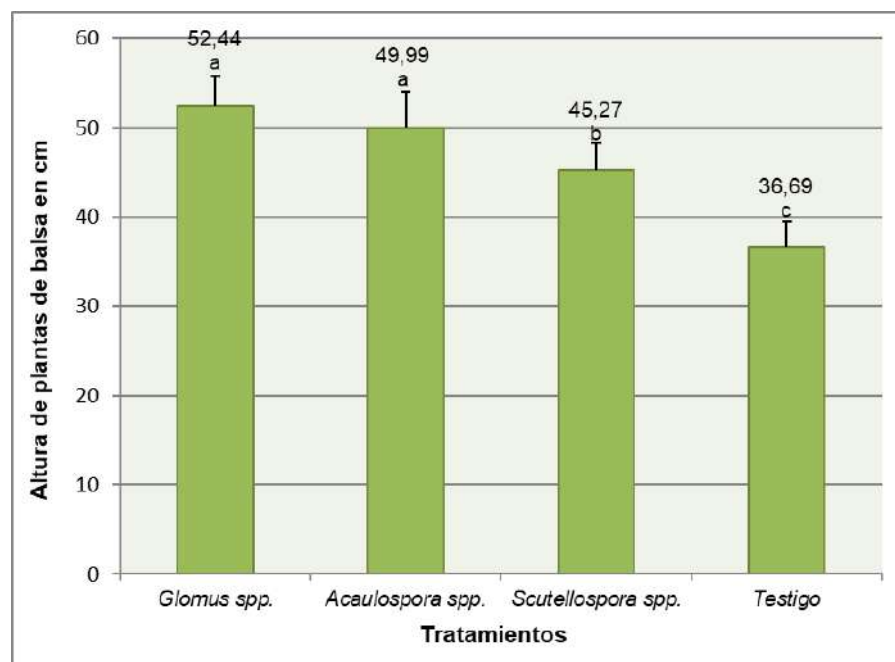


Figura 2. Altura de plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones con hongos MA. Los valores representan la media de diez repeticiones con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

3.4. Peso húmedo del sistema foliar

En relación al peso húmedo del área foliar de las plantas de balsa, se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones con hongos MA, según el análisis ANOVA realizado. El tratamiento con *Acaulospora* spp. presentó el valor promedio más elevado de peso húmedo foliar, con 90,85 g/planta, aunque no mostró diferencias estadísticamente significativas con los tratamientos *Glomus* spp. y *Scutellospora* spp., que obtuvieron pesos húmedos foliares promedio de 90,17 g/planta y 85,87 g/planta, respectivamente. Por otro lado, el tratamiento Testigo (agua destilada estéril) obtuvo el valor más bajo en esta variable, con 71,09 g/planta, siendo estadísticamente significativamente menor (Figura 3).

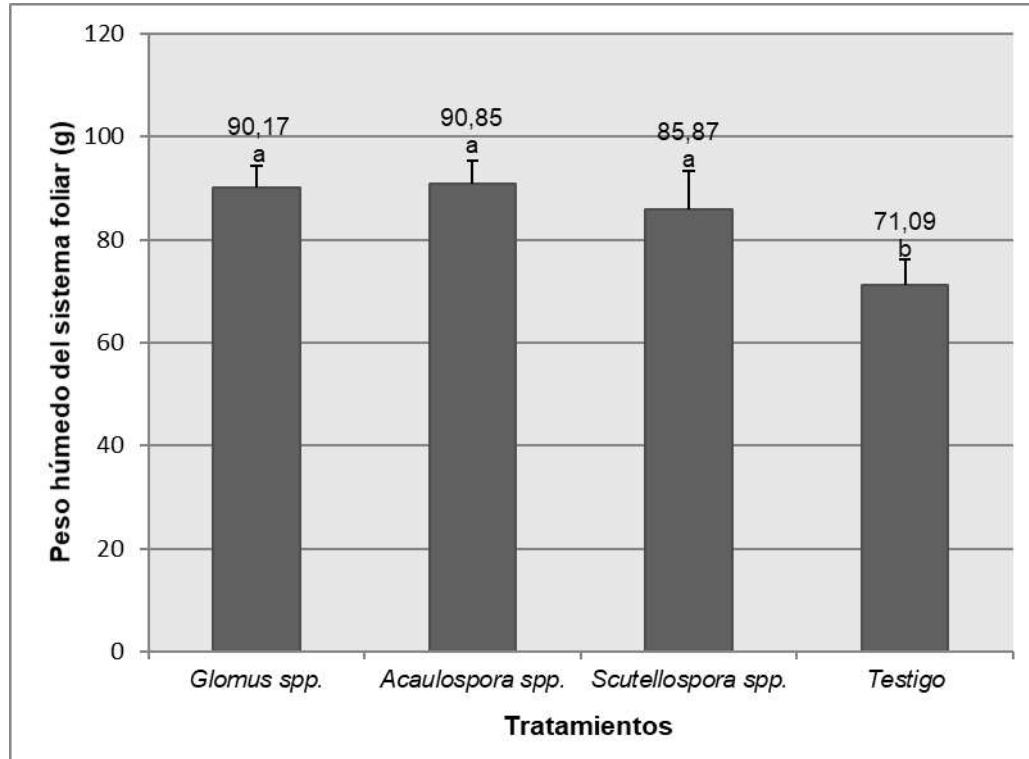


Figura 3. Peso húmedo del sistema foliar de plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones. Los valores representan la media de diez repeticiones, con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

3.5. Peso seco del sistema foliar

Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones con hongos micorrízicos arbusculares. El tratamiento que contenía el consorcio micorrízico *Glomus* spp. destacó significativamente, con un valor promedio de 21,15 g/planta, seguido del tratamiento *Acaulospora* spp. con 18,27 g/planta y *Scutellospora* spp. con 15,66 g/planta. En resumen, todos los tratamientos que contenían el inóculo de hongos MA mostraron un mayor peso seco del sistema foliar en comparación con el tratamiento Testigo, que solo obtuvo un promedio de 13,85 g/planta, constituyéndose como el valor más bajo (Figura 4).

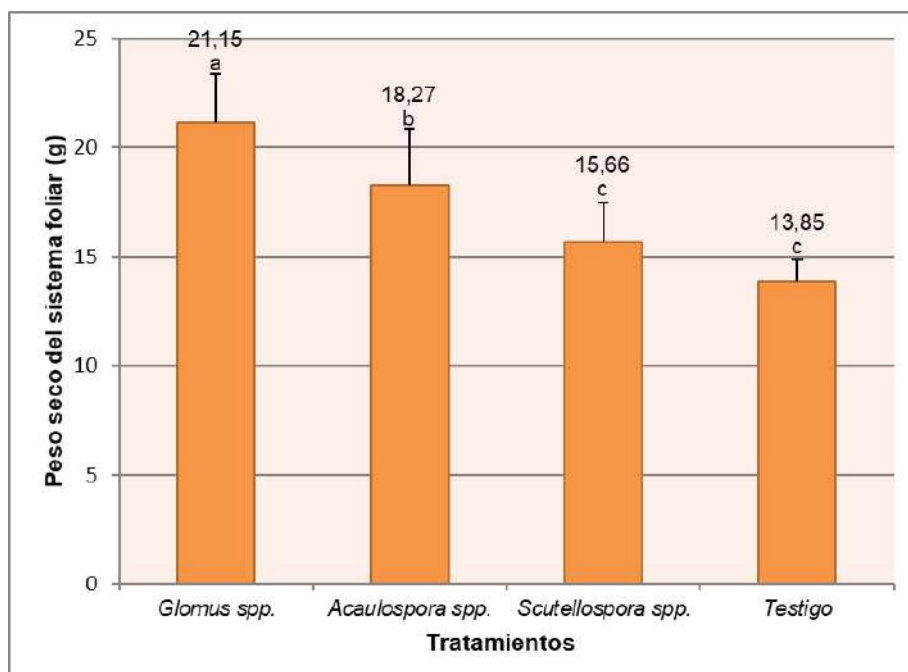


Figura 4. Peso seco del sistema foliar de plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones. Los valores representan la media de diez repeticiones, con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

3.6. Peso húmedo del sistema radicular

La figura 5 muestra los resultados obtenidos después del análisis estadístico ANOVA para la variable "peso húmedo del sistema radicular" en plantas de balsa. A los 90 días después de las inoculaciones con hongos MA, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El tratamiento que contenía hongos MA del género *Glomus* alcanzó el mayor promedio con 33,22 g/planta, seguido de *Acaulospora* spp. con 26,61 g/planta y *Scutellospora* spp. con 21,99 g/planta. En contraste, el tratamiento Testigo, que no contenía hongos MA, obtuvo un valor más bajo de 19,12 g/planta, siendo este el menor valor entre todos los tratamientos utilizados en el presente trabajo.

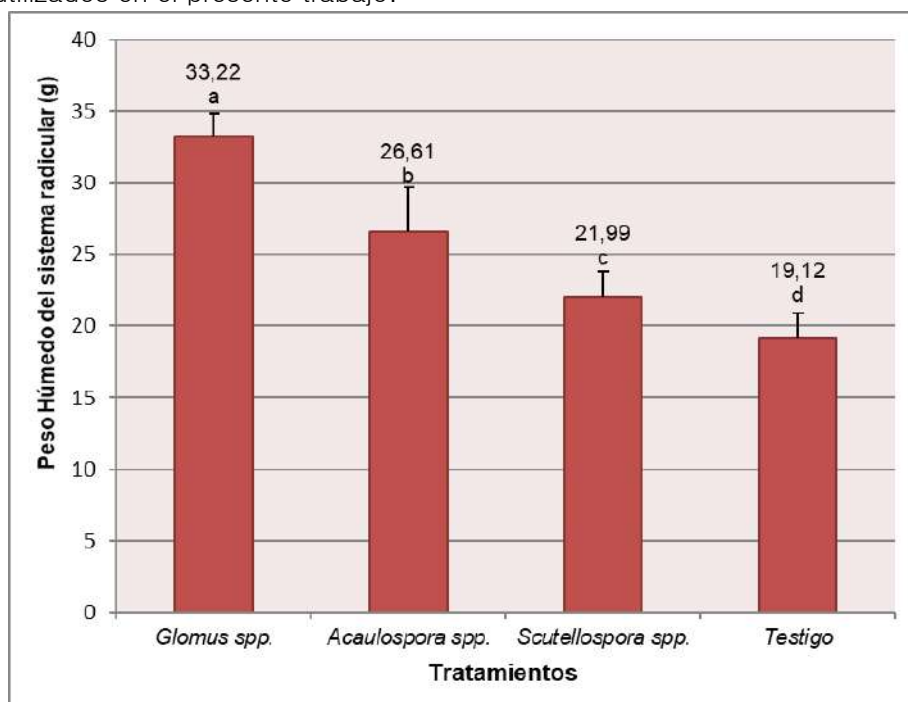


Figura 5. Peso húmedo del sistema radicular de plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones. Los valores representan la media de diez repeticiones, con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

3.7. Peso seco del sistema radicular

En la figura 6, se presenta el peso seco del sistema radicular de las plantas de balsa evaluado a los 90 días después de las inoculaciones con los cuatro tratamientos utilizados en la investigación. Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El tratamiento que contenía como inoculo la micorriza arbuscular *Glomus* spp. mostró un peso seco de 15,89 g/planta, siendo numéricamente superior a *Acaulospora* spp. y *Scutellospora* spp., con valores de 14,79 y 14,18 g/planta, respectivamente, aunque no se reportaron diferencias estadísticas significativas entre ellos. Por otro lado, el tratamiento testigo, nuevamente presentó el promedio más bajo, con 12,25 g/planta, pero no mostró diferencias estadísticas significativas con los tratamientos *Acaulospora* spp. y *Scutellospora* spp.

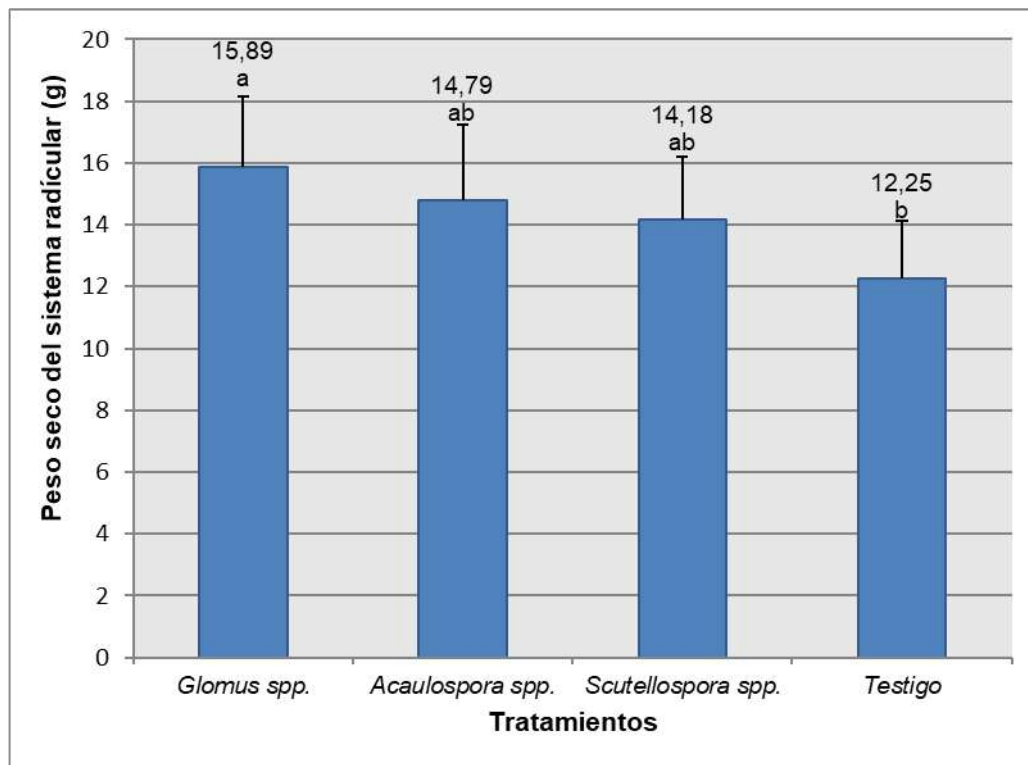


Figura 6. Peso seco del sistema radicular de plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones. Los valores representan la media de diez repeticiones, con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

3.8. Longitud radical

En el análisis de longitud radical realizado a las plantas de balsa a los 90 días después de las inoculaciones, se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Figura 7). El tratamiento más efectivo fue *Glomus* spp., que alcanzó una longitud promedio de 84,08 cm/planta. Los tratamientos que también recibieron inoculantes de micorriza arbuscular mostraron comportamientos estadísticamente similares entre sí, pero fueron superiores al tratamiento testigo, que registró un promedio de 56,635 cm de raíz/planta. Los tratamientos con hongos MA *Acaulospora* spp. y *Scutellospora* spp. alcanzaron longitudes de raíz de 77,94 cm y 76,18 cm por planta, respectivamente. Estos resultados demuestran la capacidad de estos hongos para aumentar el área radicular en comparación con las plantas no inoculadas con hongos MA.

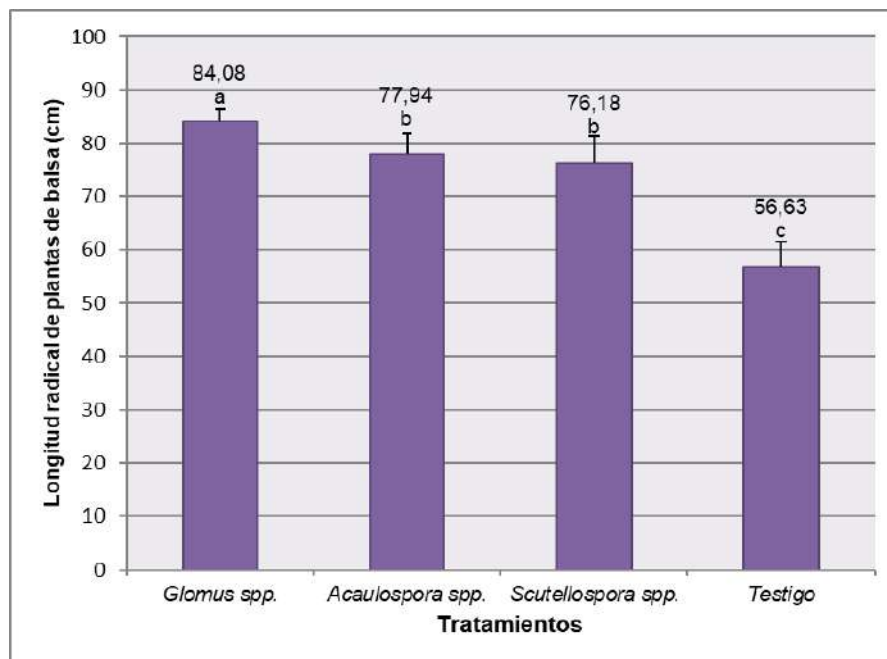


Figura 7. Longitud radical de plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones. Los valores representan la media de diez repeticiones, con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas.

3.9. Longitud de raíz por volumen de suelo (RLv)

Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones en las plantas de balsa, con respecto a la variable longitud de raíz por volumen de suelo. En la Figura 8 se observa que el tratamiento más efectivo de los cuatro utilizados en la presente investigación fue *Glomus* spp., con un valor de 1,09 cm cm⁻³. Le siguió el tratamiento *Acaulospora* spp. con 0,8 cm cm⁻³. Por otro lado, los tratamientos *Scutellospora* spp. y el tratamiento testigo (agua destilada estéril) mostraron valores estadísticamente similares entre sí, ambos con un valor de 0,56 cm cm⁻³, siendo los valores más bajos para la variable longitud de raíz por volumen de suelo.

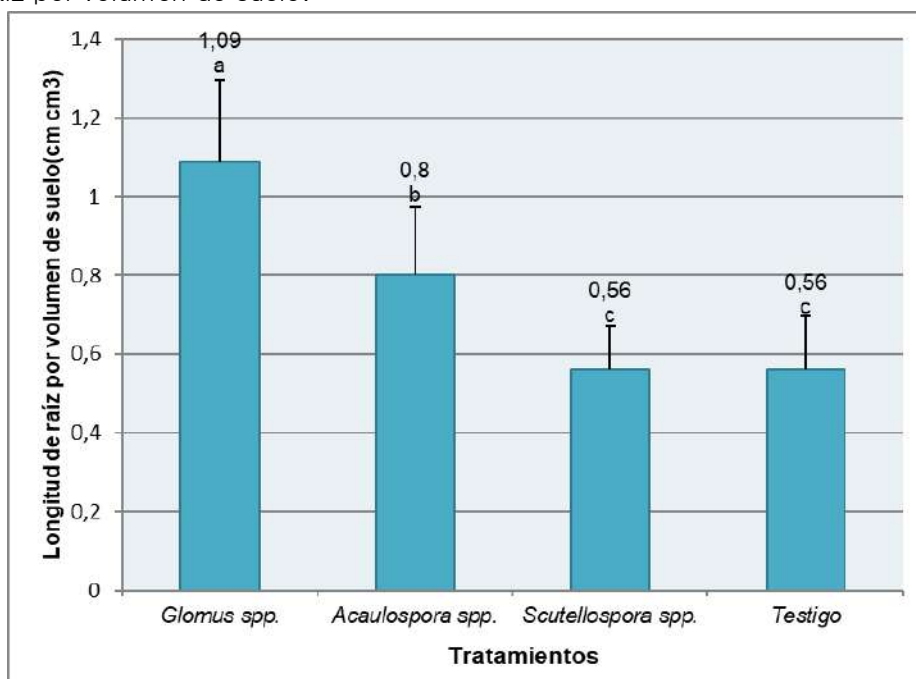


Figura 8. Longitud total de raíz por volumen de suelo (RLv) en plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones. Los valores representan la media de

cinco repeticiones, con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

3.10. Porcentaje de pelos radicales

La Figura 9 muestra un efecto significativo ($p < 0,05$) en el porcentaje de pelos radicales en plantas de balsa a los 90 días después de las inoculaciones. El tratamiento *Glomus* spp. presentó el mayor porcentaje de pelos radicales con un valor de 2,78%, aunque no difirió estadísticamente del tratamiento *Acaulospora* spp., que alcanzó un porcentaje de 2,39% en la evaluación. El tratamiento *Scutellospora* spp. obtuvo un promedio de 2,26%, mientras que el tratamiento testigo, que no recibió inoculación de hongos micorrízicos arbusculares, tuvo un porcentaje de 1,36% de pelos radicales. Nuevamente, el tratamiento testigo reportó el valor más bajo, como ha sido la tendencia en las demás variables evaluadas.

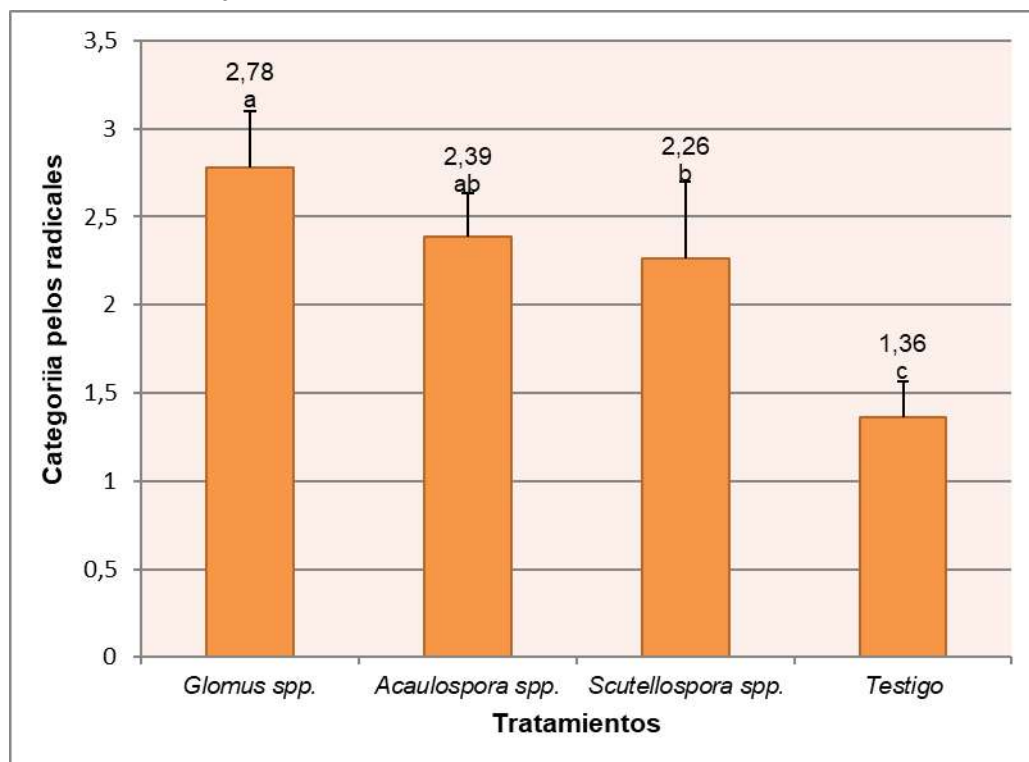


Figura 9. Porcentaje de pelos radicales en plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones. Los valores representan la media de diez repeticiones, con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

4. Discusión

Los autores El análisis de varianza (ANOVA) realizado en esta investigación reveló la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Los valores de alta densidad visual sugieren que los consorcios micorrízicos se establecieron rápidamente en las raíces de las plantas de balsa (*Ochroma pyramidale*) a los 90 días después de las inoculaciones, lo que indica un proceso de infección veloz y una buena densidad de hongos dentro de las raíces. En contraste, estudios previos como el de Tobar-Franco [41] mostraron una infección lenta y escasa a los 180 días después de las inoculaciones, lo cual puede atribuirse a la especificidad evolutiva de los hongos hacia su huésped original. La especificidad ecológica de las micorrizas arbusculares implica que los monocultivos pueden seleccionar los hongos que necesitan, reduciendo así los beneficios potenciales para otras plantas [42,43].

La elección del género de planta utilizada como planta trampa también influye en los resultados, como señalan Morales y Durango [44], quienes obtuvieron mejores resultados con la propagación de esporas de hongos micorrízicos utilizando sorgo (*S. vulgare*). Además, durante la inoculación de los consorcios micorrízicos en las plantas trampa, puede haber presencia de

hongos saprófitos del suelo, como *Trichocladium* sp., lo que sugiere que este hongo puede vivir en la rizosfera asociado a gramíneas [44].

En relación a la población de esporas, todos los consorcios micorrízicos incrementaron su población micorrízica, siendo el consorcio micorrízico *Glomus* spp. el que alcanzó la mayor población de esporas con 450 esporas/100gss, un inóculo menor en comparación con el obtenido por Enríquez [45] de 20,400 esporas/100gss, pero suficiente para lograr los propósitos de inoculación. La esporulación no refleja directamente el nivel de colonización en las raíces de la planta, ya que la esporulación ocurre después de que la biomasa ha pasado el umbral crítico en la raíz, y su desarrollo continúa con el tiempo. Es importante incrementar el porcentaje de estructuras micorrízicas dentro de la raíz para producir una población de esporas alta.

La significancia estadística mostró diferencias para todas las variables evaluadas en esta investigación, lo que sugiere que los consorcios otorgaron cantidades diferentes de materia húmeda y seca a las plantas huésped debido a la alta densidad del endófito en las raíces, lo que a su vez contribuyó con cantidades distintas de nutrientes y marcó la diferencia en el crecimiento vegetativo de la planta. Entry et al. [46] mencionan que la colonización micorrízica resulta en el incremento del área foliar y la biomasa total y radical de las plantas asociadas, lo cual es alcanzado con una buena colonización micorrízica. La diversidad de los consorcios micorrízicos utilizados también influyó en el comportamiento diferencial de las plantas huésped, ya que no todos los consorcios poseían las mismas poblaciones de morfoespecies.

El análisis de ANOVA para la variable altura de planta reveló diferencias estadísticas significativas a los 90 días después de las inoculaciones. Esto concuerda con los resultados obtenidos por [47,48], quienes encontraron diferencias significativas a diferentes periodos después de la inoculación, lo que sugiere que el simbionte micorrízico requiere de un período inicial de incubación variable dependiendo del hospedero.

En cuanto a la variable longitud de raíz por planta (RL) y longitud de raíz por volumen de suelo (RLv), las plantas de balsa inoculadas con consorcios micorrízicos del género *Glomus*, *Acaulospora* y *Scutellospora* obtuvieron una longitud de raíz más grande que el testigo. Estos resultados son consistentes con los hallazgos encontrados por [49,50], que también encontraron incrementos en la longitud radicular de plantas con inoculación micorrízica.

5. Conclusiones

El presente estudio demostró que la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de Balsa en fase de vivero resulta altamente beneficiosa, mejorando significativamente las condiciones fenotípicas a los 90 días después de las inoculaciones. El consorcio micorrízico *Glomus* extraído de sistemas agroforestales con cacao de la zona de Quevedo mostró los mejores resultados para las variables evaluadas en las plantas de Balsa.

Este enfoque beneficiará a los productores forestales y la industria maderera al mejorar la calidad y el rendimiento de las plantaciones de Balsa, además de tener un impacto ambiental positivo al favorecer prácticas sostenibles en el manejo forestal y la conservación de suelos. La utilización de hongos micorrízicos como inoculantes puede reducir la dependencia de fertilizantes químicos y proteger los recursos naturales.

Además, este estudio enriquecerá el conocimiento científico sobre las interacciones entre hongos micorrízicos y plantas, permitiendo el desarrollo de estrategias más efectivas y sustentables en la agricultura y reforestación. Se recomienda evaluar las plantas inoculadas en el sitio de trasplante definitivo para validar la eficacia a largo plazo. Los actores beneficiados incluyen productores, agricultores, viveristas, tomadores de decisiones y la comunidad científica, quienes podrán aprovechar estos resultados para promover prácticas ambientalmente amigables y el desarrollo de políticas de manejo forestal sostenible.

Contribución de autores: conceptualización, C.V.M.C., R.J.H-F. y M.S.C-P.; metodología, C.V.M.C. y R.J.H-F.; software, M.S.C-P. y J.M-C.; validación, M.S.C-P. y J.M-C.; análisis formal, C.V.M.C., R.J.H-F. y M.S.C-P.; investigación, C.V.M.C., R.J.H-F., M.S.C-P. y J.M-C.; recursos, C.V.M.C. y R.J.H-F.; curaduría de datos, C.V.M.C. y R.J.H-F.; redacción-revisión y edición, C.V.M.C., R.J.H-F., M.S.C-P. y J.M-C.; visualización, C.V.M.C. y R.J.H-F.;

supervisión, M.S.C–P. y J.M–C.; administración de proyectos, C.V.M.C. y R.J.H–F.; adquisición de fondos, C.V.M.C. y R.J.H–F.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Marro, N.; Grilli, G.; Soteras, F.; Caccia, M.; Longo, S.; Cofré, N.; Borda, V.; Burni, M.; Janoušková, M.; Urcelay, C. The Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Species and Taxonomic Groups on Stressed and Unstressed Plants: A Global Meta-analysis. *New Phytol.* **2022**, *235*, 320–332.
2. Weng, W.; Yan, J.; Zhou, M.; Yao, X.; Gao, A.; Ma, C.; Cheng, J.; Ruan, J. Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi as a Biocontrol Agent in the Control of Plant Diseases. *Microorganisms* **2022**, *10*, 1266.
3. Bennett, A.E.; Groten, K. The Costs and Benefits of Plant–Arbuscular Mycorrhizal Fungal Interactions. *Annu. Rev. Plant Biol.* **2022**, *73*, 649–672.
4. Chandrasekaran, M. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Mediated Enhanced Biomass, Root Morphological Traits and Nutrient Uptake under Drought Stress: A Meta-Analysis. *J. Fungi* **2022**, *8*, 660.
5. Xie, K.; Ren, Y.; Chen, A.; Yang, C.; Zheng, Q.; Chen, J.; Wang, D.; Li, Y.; Hu, S.; Xu, G. Plant Nitrogen Nutrition: The Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *J. Plant Physiol.* **2022**, *269*, 153591.
6. Wang, Y.; Zou, Y.–N.; Shu, B.; Wu, Q.–S. Deciphering Molecular Mechanisms Regarding Enhanced Drought Tolerance in Plants by Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. **2023**, *308*, 111591.
7. Tisarum, R.; Samphumphuang, T.; Yooyoungwech, S.; Singh, H.P.; Cha-um, S. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Modulate Physiological and Morphological Adaptations in Para Rubber Tree (*Hevea Brasiliensis*) under Water Deficit Stress. *Biologia (Bratisl)*. **2022**, *77*, 1723–1736.
8. Kalamulla, R.; Karunaratna, S.C.; Tibpromma, S.; Galappaththi, M.C.A.; Suwannarach, N.; Stephenson, S.L.; Asad, S.; Salem, Z.S.; Yapa, N. Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Sustainable Agriculture. *Sustainability* **2022**, *14*, 12250.
9. Sarathambal, C.; Sivaranjani, R.; Srinivasan, V.; Alagupalamuthirsolai, M.; Subila, K.P.; Anamika, B. Effect of Arbuscular Mycorrhizal Inoculation on Growth, Mineral Nutrient Uptake, Photosynthesis and Antioxidant Activities of Black Pepper Cuttings. *J. Plant Nutr.* **2023**, *46*, 2508–2524.
10. Ma, S.; Yue, J.; Wang, J.; Jia, Z.; Li, C.; Zeng, J.; Liu, X.; Zhang, J. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Alleviate Salt Stress Damage by Coordinating Nitrogen Utilization in Leaves of Different Species. *Forests* **2022**, *13*, 1568.
11. Khan, Y.; Shah, S.; Tian, H. The Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Influencing Plant Nutrients, Photosynthesis, and Metabolites of Cereal Crops—A Review. *Agronomy* **2022**, *12*, 2191.
12. Wang, L.; Yang, D.; Ma, F.; Wang, G.; You, Y. Recent Advances in Responses of Arbuscular Mycorrhizal Fungi–Plant Symbiosis to Engineered Nanoparticles. *Chemosphere* **2022**, *286*, 131644.
13. Khaliq, A.; Perveen, S.; Alamer, K.H.; Zia Ul Haq, M.; Rafique, Z.; Alsudays, I.M.; Althobaiti, A.T.; Saleh, M.A.; Hussain, S.; Attia, H. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Symbiosis to Enhance Plant–Soil Interaction. *Sustainability* **2022**, *14*, 7840.
14. Noceto, P.–A.; Bettenfeld, P.; Boussageon, R.; Hériché, M.; Sportes, A.; van Tuinen, D.; Courty, P.–E.; Wipf, D. Arbuscular Mycorrhizal Fungi, a Key Symbiosis in the Development of Quality Traits in Crop Production, Alone or Combined with Plant Growth–Promoting Bacteria. *Mycorrhiza* **2021**, *31*, 655–669.
15. Ma, X.; Geng, Q.; Zhang, H.; Bian, C.; Chen, H.Y.H.; Jiang, D.; Xu, X. Global Negative Effects of Nutrient Enrichment on Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Plant Diversity and Ecosystem Multifunctionality. *New Phytol.* **2021**, *229*, 2957–2969.
16. Fall, A.F.; Nakabonge, G.; Ssekandi, J.; Founoune–Mboup, H.; Apori, S.O.; Ndiaye, A.; Badji, A.; Ngom, K. Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Soil Fertility: Contribution in the Improvement of Physical, Chemical, and Biological Properties of the Soil. *Front. Fungal Biol.* **2022**, *3*.
17. Gou, X.; Ni, H.; Sadowsky, M.J.; Chang, X.; Liu, W.; Wei, X. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Alleviate Erosion–Induced Soil Nutrient Losses in Experimental Agro–Ecosystems. *Catena* **2023**, *220*, 106687.
18. Zheng, Y.; Chen, N.; Yu, K.; Zhao, C. The Effects of Fine Roots and Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Soil Macropores. *Soil Tillage Res.* **2023**, *225*, 105528.
19. Matos, P.S.; Silva, C.F. da; Damian, J.M.; Cerri, C.E.P.; Pereira, M.G.; Zonta, E. Beneficial Services of Glomalin and Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Degraded Soils in Brazil. *Sci. Agric.* **2021**,

- 79.
20. Messa, V.R.; Savioli, M.R. Improving Sustainable Agriculture with Arbuscular Mycorrhizae. *Rhizosphere* **2021**, *19*, 100412.
21. Bi, Y.; Xiao, L.; Guo, C.; Christie, P. Revegetation Type Drives Rhizosphere Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Soil Organic Carbon Fractions in the Mining Subsidence Area of Northwest China. *Catena* **2020**, *195*, 104791.
22. Xiao, L.; Lai, S.; Chen, M.; Long, X.; Fu, X.; Yang, H. Effects of Grass Cultivation on Soil Arbuscular Mycorrhizal Fungi Community in a Tangerine Orchard. *Rhizosphere* **2022**, *24*, 100583.
23. Liu, J.; Zhang, J.; Li, D.; Xu, C.; Xiang, X. Differential Responses of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Communities to Mineral and Organic Fertilization. *Microbiologyopen* **2020**, *9*, e00920.
24. Rillig, M.C.; Aguilar-Trigueros, C.A.; Camenzind, T.; Cavagnaro, T.R.; Degruene, F.; Hohmann, P.; Lammel, D.R.; Mansour, I.; Roy, J.; van der Heijden, M.G.A. Why Farmers Should Manage the Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. *New Phytol.* **2019**, *222*, 1171–1175.
25. Gujre, N.; Soni, A.; Rangan, L.; Tsang, D.C.W.; Mitra, S. Sustainable Improvement of Soil Health Utilizing Biochar and Arbuscular Mycorrhizal Fungi: A Review. *Environ. Pollut.* **2021**, *268*, 115549.
26. Duan, H.-X.; Luo, C.-L.; Li, J.-Y.; Wang, B.-Z.; Naseer, M.; Xiong, Y.-C. Improvement of Wheat Productivity and Soil Quality by Arbuscular Mycorrhizal Fungi Is Density- and Moisture-Dependent. *Agron. Sustain. Dev.* **2021**, *41*, 1–12.
27. Ferrol, N.; Azcón-Aguilar, C.; Pérez-Tienda, J. Arbuscular Mycorrhizas as Key Players in Sustainable Plant Phosphorus Acquisition: An Overview on the Mechanisms Involved. *Plant Sci.* **2019**, *280*, 441–447.
28. Kuila, D.; Ghosh, S. Aspects, Problems and Utilization of Arbuscular Mycorrhizal (AM) Application as Bio-Fertilizer in Sustainable Agriculture. *Curr. Res. Microb. Sci.* **2022**, *3*, 100107.
29. MAATE *Plan Nacional de Restauración Forestal 2019 – 2030*; Quito-Ecuador, 2019;
30. González, B.; Oviedo, B.; Simba, L. Un Cultivo Resiliente Para Enfrentar El Cambio Climático, La Balsa (*Ochroma Pyramidale* Sw). *Rev. Científica Cienc. y Tecnol.* **2018**, *18*.
31. Romero, E.J.; Franco, L.G.; Patiño, M.C.; Patiño, H.M.C.; Carriel, J.M.; Chévez, M.M. Germinación y Crecimiento de *Ochroma Pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb. En Ecuador. *Sci. Agropecu.* **2017**, *8*, 243–250.
32. Pinargote, C.B.; Apuntes, E.S.; Romero, O.D.; Navarrete, P.D.; Cando, M.G. Hongos de Micorriza Arbuscular Presentes En *Ochroma Pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb.(Balsa) En Ecuador. *J. Sci. Res.* **2020**, *5*, 71–84.
33. Osorio, B.G.; Fonseca, C.S.; Navarrete, E.D.T.; Simba, L.; Chancay, X.R. Caracterización Del Cultivo de Balsa (*Ochroma Pyramidale*) En La Provincia de Los Ríos-Ecuador. *Cienc. y Tecnol.* **2010**, *3*, 7–11.
34. Tawaraya, K.; Turjaman, M. Use of Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Reforestation of Degraded Tropical Forests. In *Mycorrhizal Fungi: Use in Sustainable Agriculture and Land Restoration*; Springer, 2014; pp. 357–373.
35. Kiers, E.T.; Lovelock, C.E.; Krueger, E.L.; Herre, E.A. Differential Effects of Tropical Arbuscular Mycorrhizal Fungal Inocula on Root Colonization and Tree Seedling Growth: Implications for Tropical Forest Diversity. *Ecol. Lett.* **2000**, *3*, 106–113.
36. Pinargote, C.B.; Gill, D.C.; Benavides, O.P.; Tobar, R.L.; Apuntes, E.S.; Bone, F.M. Hongos Formadores de Micorriza Arbuscular Asociados a Plantaciones de *Ochroma Pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb.(Balsa) En El Trópico Húmedo Ecuatoriano. *Cienc. y Tecnol.* **2019**, *12*, 57–63.
37. Gerdemann, J.W.; Nicolson, T.H. Spores of Mycorrhizal Endogone Species Extracted from Soil by Wet Sieving and Decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **1963**, *46*, 235–244.
38. Phillips, J.M.; Hayman, D.S. Improved Procedures for Clearing Roots and Staining Parasitic and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Rapid Assessment of Infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **1970**, *55*, 158–IN18.
39. Giovannetti, M.; Mosse, B. An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots. *New Phytol.* **1980**, 489–500.
40. Jungk, A.; Claassen, N. Ion Diffusion in the Soil-Root System. *Adv. Agron.* **1997**, 53–110.
41. Franco, J.T. Selección En Invernadero de Inóculos de Micorriza Arbuscular (MA) Para El Establecimiento de La Alfalfa En Un Andisol de La Sabana de Bogotá. *Univ. Sci.* **2006**, *11*, 87–103.
42. Blanco, F.; Salas, E. Micorrizas En La Agricultura: Contexto Mundial e Investigación Realizada En Costa Rica. *Agron. Costarric.* **1997**, *21*, 55–67.
43. Gosling, P.; Hodge, A.; Goodlass, G.; Bending, G.D. Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Organic Farming. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2006**, *113*, 17–35.
44. Morales, R.; Durango, W. Resultados En La Obtención de Inóculos Nativos de Hongos Micorrízicos En Cultivos de Cacao (*Theobroma Cacao*) y Soya (*Glycine Max*). In Proceedings of the XI Congreso

- Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Quito, Ecuador; 2008; pp. 1–9.
45. Enriquez Montes, W.G. Efecto de La Inoculación de Hongos Micorrízicos Arbusculares En Plantas de *Ochroma Pyramidale* (Balsa), En Fase de Vivero. **2013**.
46. Entry, J.A.; Rygiewicz, P.T.; Watrud, L.S.; Donnelly, P.K. Influence of Adverse Soil Conditions on the Formation and Function of Arbuscular Mycorrhizas. *Adv. Environ. Res.* **2002**, *7*, 123–138.
47. Motta, D.F.; Munévar, F. Respuesta de Plántulas de Palma de Aceite a La Micorrización. *Palmas* **2005**, *26*, 11–20.
48. Cruz, E.A. Efecto de Mycoral® En Las Etapas de Previvero y Vivero Con Dos Niveles de Fertilización En Palma Africana (*Elaeis Guineensis*) En Atlántida, Honduras 2007.
49. Moreta, D.E. Evaluación de Sustratos Inorgánicos Para La Exportación de Inoculante de Micorriza Vesículo–Arbuscular 2002.
50. Castillo, C. Biodiversidad y Efectividad de Hongos Micorrízicos Arbusculares En Ecosistemas Agro–Forestales Del Centro Sur de Chile. *Univ. la Front. Temuco, Chile* **2005**.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en *Ochroma pyramidale* (balsa) en fase de vivero

Carmen Victoria Marín Cuevas¹  Robinson J. Herrera-Feijoo^{1,2*}  
Mercedes Susana Carranza-Patiño¹  Jaime Morante-Carriel¹ 

¹ Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo Av. Quito km, 1 1/2 Vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo 120550, Ecuador

² Unidad de Posgrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo Av. Quito km, 1 1/2 Vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo 120550, Ecuador

 Correspondencia: herreraf2@uteq.edu.ec  + 593 0980563032

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62084>

Resumen: El presente estudio investiga la importancia de la inoculación de micorrizas arbusculares (HMA) en plantas de balsa (*Ochroma pyramidale*) en fase de vivero. Los HMA desempeñan un papel fundamental en la mejora de la absorción de nutrientes, el crecimiento de las plantas y la resistencia al estrés hídrico, lo que puede beneficiar la productividad y la sostenibilidad en la gestión forestal. Los objetivos del estudio fueron cuantificar las esporas, evaluar la colonización micorrízica y analizar variables dasométricas en plantas inoculadas. Se observaron diferencias significativas entre tratamientos, siendo el consorcio *Glomus spp.* el que presentó mayor densidad de colonización visual, longitud y peso de las raíces y porcentaje de pelos radiculares. El consorcio *Glomus spp.* fue el más eficaz para mejorar el crecimiento de la planta de balsa, seguido de *Acaulospora spp.* y *Scutellospora spp.* Recomendamos validar la eficacia a largo plazo de la inoculación en el lugar final del trasplante y considerar la diversidad de consorcios micorrízicos para aumentar los beneficios. Este estudio se suma al conocimiento científico de las interacciones AMF-planta y proporciona una valiosa herramienta para promover prácticas sostenibles en reforestación y gestión forestal, reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos y conservando los recursos naturales.

Palabras claves: Esporas, Crecimiento vegetativo, Colonización micorrízica, Manejo forestal.

Inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi on *Ochroma pyramidale* (balsa) in the nursery stage

Abstract: The present study investigates the importance of arbuscular mycorrhizal (AMF) inoculation in nursery stage balsa (*Ochroma pyramidale*) plants. AMF play a critical role in improving nutrient uptake, plant growth and resistance to water stress, which may benefit productivity and sustainability in forest management. The objectives of the study were to quantify spores, assess mycorrhizal colonisation and analyse dasometric variables in inoculated plants. Significant differences were observed between treatments, with the *Glomus spp.* consortium having the highest visual colonisation density, root length and weight, and percentage of root hairs. The *Glomus spp.* consortium was most effective in improving balsa plant growth, followed by *Acaulospora spp.* and *Scutellospora spp.* We recommend validating the long-term efficacy of inoculation at the



Cite: Marín Cuevas, C. V., Herrera-Feijoo, R. J., Carranza-Patiño, M. S., & Morante-Carriel, J. (2023). Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en *Ochroma pyramidale* (balsa) en fase de vivero. Green World Journal, 6(2), 84. <https://doi.org/10.53313/gwj62084>

Received: 02/Mar/2023
Accepted: 29/Jul/2023
Published: 05/Aug/2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.
Creative Commons Attribution (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

final transplant site and considering the diversity of mycorrhizal consortia to increase benefits. This study adds to the scientific knowledge of AMF-plant interactions and provides a valuable tool for promoting sustainable practices in reforestation and forest management, reducing dependence on chemical fertilisers and conserving natural resources.

Keywords: Spores, Vegetative growth, Mycorrhizal colonization, Forestry management

1. Introducción

El estudio de los hongos formadores de micorrizas ha suscitado un creciente interés desde el siglo XVIII, cuando M. Janse identificó micorrizas arbusculares en plantaciones de café en 1897[1–3]. La relevancia de estos hongos radica en sus múltiples funciones, como la captación de nutrientes[4,5], la modulación de la fisiología de las plantas[6,7] y su potencial para mejorar la productividad vegetal[8]. De la simbiosis entre las plantas y los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), surge una asociación simbiótica que beneficia a las plantas al mejorar la absorción de nutrientes, estimular el crecimiento foliar y aumentar la tasa fotosintética, además de fortalecer su capacidad para resistir el estrés hídrico[9–11].

Investigaciones previas, destacan los beneficios que las plantas obtienen al ser colonizadas por HMA, incluyendo un mejor enraizamiento y crecimiento, mayor captación de iones y nutrientes, capacidad de absorción de nutrientes poco móviles en el suelo y una mayor resistencia a la sequía y a patógenos radiculares[3,12–15]. Dichos beneficios no solo influyen en la productividad vegetal, sino que también tienen un impacto positivo en el medio ambiente, al contribuir al control de la erosión y la regeneración de la cobertura vegetal en suelos degradados[16–19]. Considerando la concepción de desarrollo sustentable, la gestión adecuada de los hongos micorrízicos se convierte en un factor esencial, promoviendo el uso racional de fertilizantes y plaguicidas y mejorando la estructura del suelo a través del micelio extraradical que se extiende en el suelo[20–28].

En el contexto ecuatoriano, se ha planteado un ambicioso plan nacional de forestación y reforestación para convertir al país en una potencia forestal[29]. Una de las especies seleccionadas para este propósito es la *Ochroma pyramidale*, conocida como Balsa, que cuenta con un alto valor comercial y un rápido crecimiento[30–33]. Sin embargo, para garantizar la calidad de los productos maderables y la propagación con calidad genética, es fundamental investigar el efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de Balsa en fase de vivero[32,34–36].

Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo general analizar el efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de *Ochroma pyramidale* (Balsa) en fase de vivero. Para lograrlo, se plantean los siguientes objetivos específicos: 1) Cuantificar el número de esporas existentes en las plantas después de la inoculación; 2) Evaluar la infectividad micorrízica en las raíces de las plantas y 3) Determinar el crecimiento de las variables dasométricas de las mismas.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

Los análisis de las diferentes variables en plantas de *Ochroma pyramidale* (balsa) se llevaron a cabo en el laboratorio de Microbiología Ambiental y Vegetal de la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTEQ).

2.2 Fase de campo

En esta sección se realizó la inoculación de plantas de balsa con 30 esporas de hongos micorrízicos arbusculares previamente identificados a nivel de género. Las plantas se cultivaron en un sustrato compuesto por suelo más arena estéril y se regaron con agua destilada estéril. Luego de un período de 90 días desde las inoculaciones, se realizó una evaluación en la que se analizaron las siguientes variables: Altura de las plantas, Peso húmedo y seco del sistema foliar y radicular, Longitud total de las raíces (RL), Densidad radicular (RLv), Número de esporas de hongos micorrízicos presentes en 100 g de suelo húmedo (gsh-1) por maceta, Porcentaje de

densidad visual (micorrización) en las raíces, Presencia de pelos radicales. Estos parámetros se evaluaron con el fin de determinar el efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en el crecimiento y desarrollo de las plantas de balsa

2.3 Fase de laboratorio

Se utilizó el método descrito por Gerdemann y Nicolson [37], quienes proponen modificaciones para el aislamiento y conteo de esporas del suelo. En primer lugar, se pesaron 100 g de suelo y se colocaron en un vaso de precipitación, al que se añadió 1000 mL de agua y se agitó durante 3 a 5 minutos para disgregar los terrones, adaptando la duración según el tipo de suelo. Posteriormente, la suspensión se dejó reposar durante 2 minutos y se pasó a través de tamices con apertura de mallas de 425, 90 y 25 μm para separar las esporas según su tamaño. Este proceso de agitación y decantación se repitió en tres ocasiones. Luego, el material atrapado en los diferentes tamices se recogió y se vertió en vasos de precipitación de 100 mL con 40 a 50 mL de agua destilada.

En tubos de centrifuga de 15 mL, se prepararon soluciones de sacarosa al 20% y al 60%. Primero se agregaron 5 mL de la solución al 20%, y luego se vertieron 5 mL de la solución al 60% en el fondo de la anterior, creando una gradiente de sacarosa. A continuación, se añadieron 5 mL de la solución del suelo recogido de los tamices, asegurándose de que la solución quedara por debajo del suelo suspendido en agua. Los tubos se sellaron con parafilm y se centrifugaron durante 3 minutos a 3000 r.p.m. Una vez terminada la centrifugación, los tubos se retiraron cuidadosamente, evitando romper la interfase agua-sacarosa. El contenido de los tubos se vertió en un tamiz de 25 μm y se lavó con agua destilada para eliminar la sacarosa. Posteriormente, el contenido del tamiz se recogió en envases de vidrio y se agregó en cajas de Petri cuadrículadas, con aproximadamente 1,25 cm entre líneas, para realizar el conteo de esporas.

2.3.1 Tinción de raíces

Para determinar el porcentaje de colonización micorrízica en las raíces de balsa, se utilizó el método propuesto por Phillips y Hayman [38]. Inicialmente, las raíces se lavaron con agua corriente y luego se trataron con solución de hidróxido de potasio (KOH) al 10% en un baño de María a 90°C durante 15 minutos. Después de eliminar el KOH y lavar nuevamente las raíces, se realizó un tratamiento adicional de blanqueo con peróxido de hidrógeno (3%) si las raíces presentaban pigmentación oscura. Posteriormente, se lavaron en solución de KOH al 10% mezclada con H₂O₂ al 10% durante 10 minutos y se acidificaron con una solución de ácido clorhídrico (HCl) al 1N durante 10 minutos. Seguidamente, las raíces se tiñeron con Azul de Tripiano en lactoglicerol y se sometieron a un baño de María durante 15 minutos. Después del proceso de tinción, se lavaron en agua destilada y se dejaron reposar para eliminar el exceso de colorante. Luego, se montaron 50 segmentos de raíces en láminas portaobjetos con glicerol al 50% y se observaron al microscopio a 40x. La frecuencia (%) de colonización radicular se determinó considerando los segmentos colonizados y no colonizados, contabilizando las estructuras micorrízicas presentes para obtener el porcentaje de colonización micorrízica en las raíces de las plantas de balsa

2.3.2 Diseño de tratamientos

En el marco de esta investigación, se emplearon cuatro tratamientos diferentes (inoculantes), cada uno de los cuales se replicó diez veces para asegurar robustez en los resultados. Los tratamientos utilizados fueron los siguientes:

T1: Consorcios micorrízicos del género *Glomus*.

T2: Consorcios micorrízicos del género *Acaulospora*.

T3: Consorcios micorrízicos del género *Scutellospora*.

T4: Testigo (Agua destilada estéril).

2.3.3 Diseño experimental (comparación entre medias)

Los tratamientos se dispusieron en un Diseño Completamente al Azar (Tabla 1).

Tabla 1. Esquema del análisis de la varianza para el diseño experimental

Fuente de Variación	Grados de libertad
Tratamientos	$t-1 = 3$
Error	$t(r-1) = 36$
Total	$(t \times r) - 1 = 39$

2.3.4 Modelo matemática y estadístico.

El modelo matemático utilizado en cada experimento y que describe el comportamiento de las variables de respuesta es el siguiente:

$$Y_{ik} = \mu + T_i + \varepsilon_{ik}$$

μ = Media poblacional

T_i = Efecto del i -ésimo localidad

ε_{ik} = Error experimental para cada observación.

Por otra parte, las comparaciones de medias se realizaron mediante la prueba de Tukey al 5 % de probabilidades de error. Los resultados se tabularon con el paquete estadístico INFOSTAT.

2.3.5 Colonización micorrízica

La variable de colonización endomicorrízica se evaluó a los 90 días mediante el método de clarificación y tinción de raíces siguiendo la técnica de Phillips y Hayman [38], utilizando una escala de 0 a 5 propuesta por Giovannetti y Mosse [39]. Para ello, se distribuyeron homogéneamente muestras de raíces de peso conocido en placas de Petri reticuladas, después de ser decoloradas previamente con solución alcalina y sometidas a tinción en medio ácido. Luego, las raíces se observaron bajo un microscopio estereoscópico y se contabilizaron las raíces interceptadas por el reticulado de la placa siguiendo un recorrido ordenado. La frecuencia e intensidad de la micorrización se determinaron asignando un valor a la clase correspondiente.

El número de esporas por cada tratamiento se cuantificó utilizando el método descrito por Gerdemann y Nicolson [37], como se mencionó previamente.

Para medir la altura de las plantas, se midieron diez plantas de cada repetición desde la base de la planta (cuello) hasta la última hoja visible del extremo superior, utilizando una cinta métrica y expresando los valores en centímetros.

La producción de materia húmeda y seca foliar y radicular se determinó pesando el material fresco de las plantas y la masa radicular, respectivamente. Luego, se colocaron en una estufa a 75°C durante 48 horas y se registró el peso seco. Estas variables se evaluaron a los 90 días.

La evaluación de los pelos radicales siguió la metodología propuesta por Giovannetti y Mosse [39]. La longitud total de raíces por planta (RL) se calculó sumando todas las longitudes de cada raíz individual en cm, utilizando la fórmula propuesta por Jungk y Claassen [40]. Estas mediciones se realizaron a los 90 días después de la siembra.

$$RL = \frac{\text{Peso fresco raíces por maceta}}{\text{Número de plantas por maceta}} \times RLs$$

Donde RLs = Largo específico de la raíz

2.3.6 Longitud de raíz por volumen de suelo (RLv)

Es el parámetro que estima la competición interradicular por nutrientes. Se expresa en cm^{-3} . A continuación, se detalla la ecuación que se empleó para su cálculo.

$$RL_v = \frac{RL \times (\text{número de plantas por maceta})}{(\text{Volumen de suelo} \div \text{densidad de suelo})}$$

3. Resultados

3.1. Población de esporas de hongos MA

Se encontró que el tratamiento que contenía el consorcio micorrízico del género *Glomus* spp. presentó la mayor concentración de esporas, con un total de 450 esporas por cada 100 gramos de suelo húmedo (gsh-1). El siguiente tratamiento con mayor cantidad de esporas fue el que contenía el consorcio micorrízico del género *Acaulospora* spp., con un total de 252 esporas, mientras que el tratamiento con el consorcio micorrízico del género *Scutellospora* spp. mostró el menor número de esporas, con 126 esporas. Para la recolección de esporas, se emplearon cuatro tipos de tamices con diferentes aperturas de mallas, colocados en orden descendente de tamaño: 500, 425, 90 y 25 μm , para separar las esporas de hongos micorrízicos arbusculares según su tamaño (Tabla 2).

Tabla 2. Población de esporas de hongos MA aisladas por cada 100 gramos de suelo húmedo (gsh-1), a los 90 días después de las inoculaciones en cuatro tipos de tamices con diferente apertura de malla 500, 425, 90 y 25 μm , utilizando plantas de balsa.

Apertura de Tamiz	<i>Glomus</i> spp.	<i>Acaulospora</i> spp.	<i>Scutellospora</i> spp.
500 μm	2	13	0
425 μm	17	21	3
90 μm	156	96	48
25 μm	275	122	75
Total	450	252	126

3.2. Densidad de colonización micorrízica en raíces

Se encontraron diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de densidad de colonización micorrízica en las raíces de balsa a los 90 días después de las inoculaciones entre los diferentes tratamientos. El tratamiento que contenía el consorcio micorrízico del género *Glomus* spp. demostró una alta capacidad de infección, mostrando una densidad visual de micorrización de 23,48%, la cual fue ampliamente superior a los demás tratamientos. Por otro lado, los tratamientos con consorcios micorrízicos de *Acaulospora* spp. y *Scutellospora* spp. no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sí, obteniendo porcentajes de colonización micorrízica similares, con valores de 14,66% y 14,95%, respectivamente. El tratamiento testigo, que no recibió inoculación de hongos MA y permaneció en un suelo estéril durante todo el tiempo, no presentó colonización micorrízica como se esperaba (Figura 1).

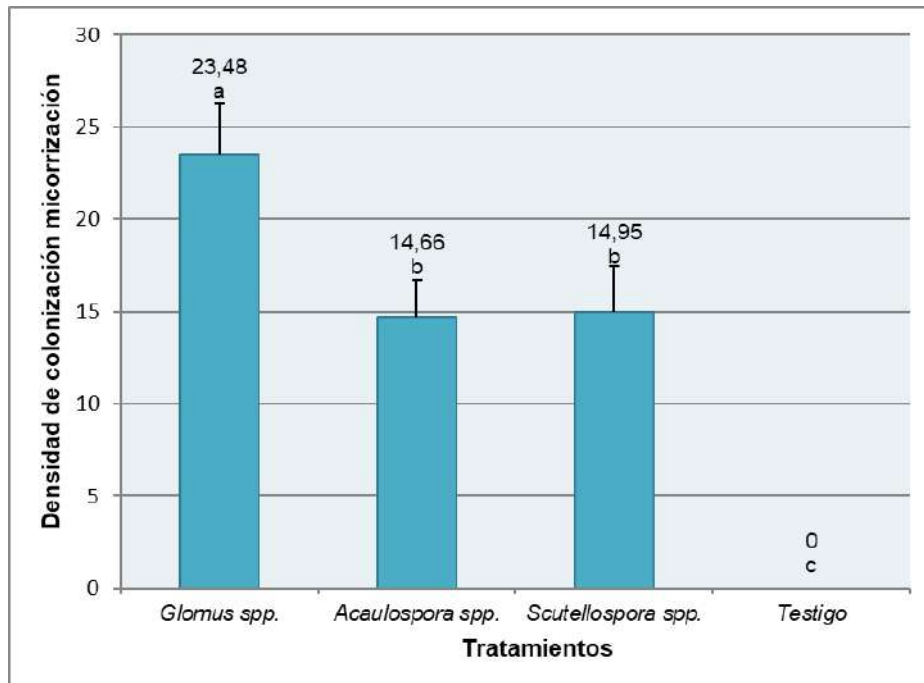


Figura 1. Porcentaje de densidad de colonización micorrízica en raíces de balsa. Los valores representan la media de 150 raicillas evaluadas, con barras de desviación estándar.

3.3. Altura de las plantas

En relación a las variables dasométricas evaluadas en las plantas de balsa, se analizó la altura de las mismas, mostrando diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, tal como se evidencia en la figura 2. Los tratamientos más favorables fueron *Glomus* spp. y *Acaulospora* spp., con alturas de 52,44 cm y 49,99 cm, respectivamente, mostrando similitud estadística entre ellos, pero difiriendo significativamente del tratamiento que contenía hongos MA, es decir, *Scutellospora* spp., con una altura de 45,27 cm. Por otro lado, el tratamiento testigo, que no recibió inoculación de hongos MA, presentó la altura más baja con 36,69 cm para esta variable.

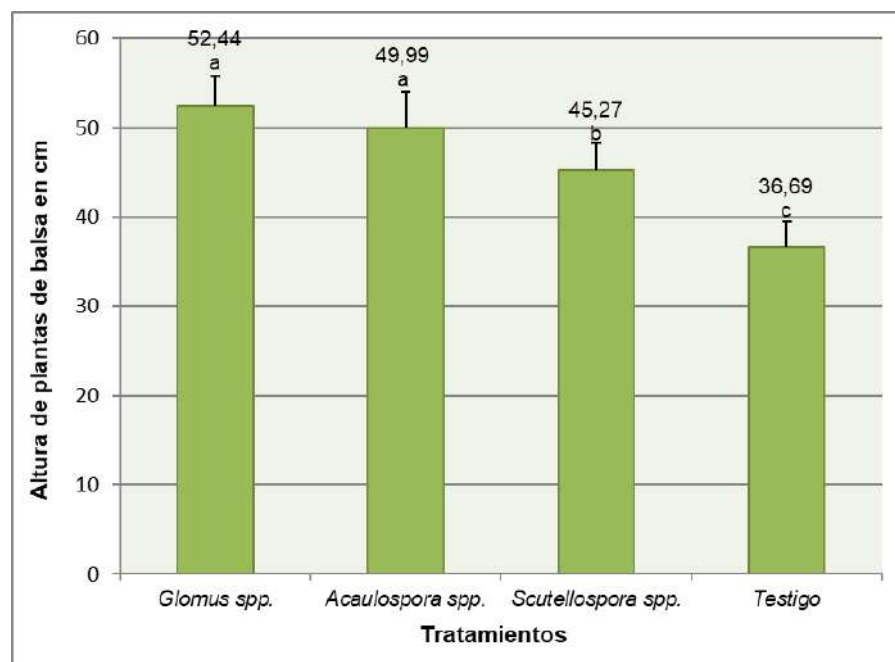


Figura 2. Altura de plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones con hongos MA. Los valores representan la media de diez repeticiones con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

3.4. Peso húmedo del sistema foliar

En relación al peso húmedo del área foliar de las plantas de balsa, se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones con hongos MA, según el análisis ANOVA realizado. El tratamiento con *Acaulospora* spp. presentó el valor promedio más elevado de peso húmedo foliar, con 90,85 g/planta, aunque no mostró diferencias estadísticamente significativas con los tratamientos *Glomus* spp. y *Scutellospora* spp., que obtuvieron pesos húmedos foliares promedio de 90,17 g/planta y 85,87 g/planta, respectivamente. Por otro lado, el tratamiento Testigo (agua destilada estéril) obtuvo el valor más bajo en esta variable, con 71,09 g/planta, siendo estadísticamente significativamente menor (Figura 3).

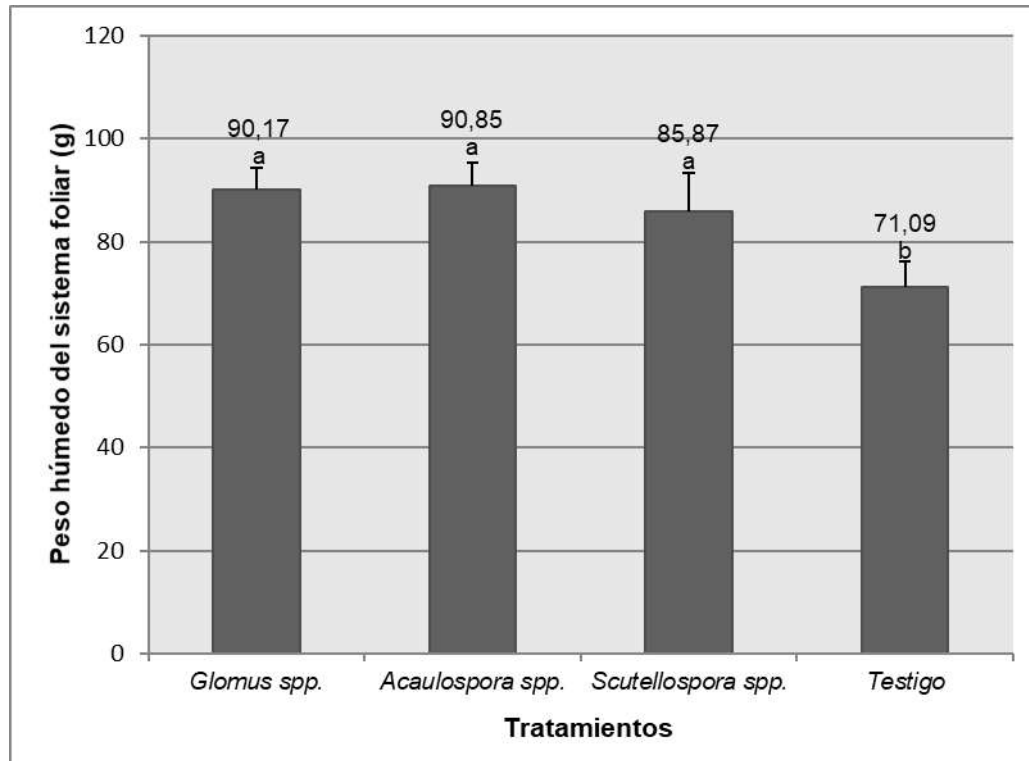


Figura 3. Peso húmedo del sistema foliar de plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones. Los valores representan la media de diez repeticiones, con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

3.5. Peso seco del sistema foliar

Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones con hongos micorrízicos arbusculares. El tratamiento que contenía el consorcio micorrízico *Glomus* spp. destacó significativamente, con un valor promedio de 21,15 g/planta, seguido del tratamiento *Acaulospora* spp. con 18,27 g/planta y *Scutellospora* spp. con 15,66 g/planta. En resumen, todos los tratamientos que contenían el inóculo de hongos MA mostraron un mayor peso seco del sistema foliar en comparación con el tratamiento Testigo, que solo obtuvo un promedio de 13,85 g/planta, constituyéndose como el valor más bajo (Figura 4).

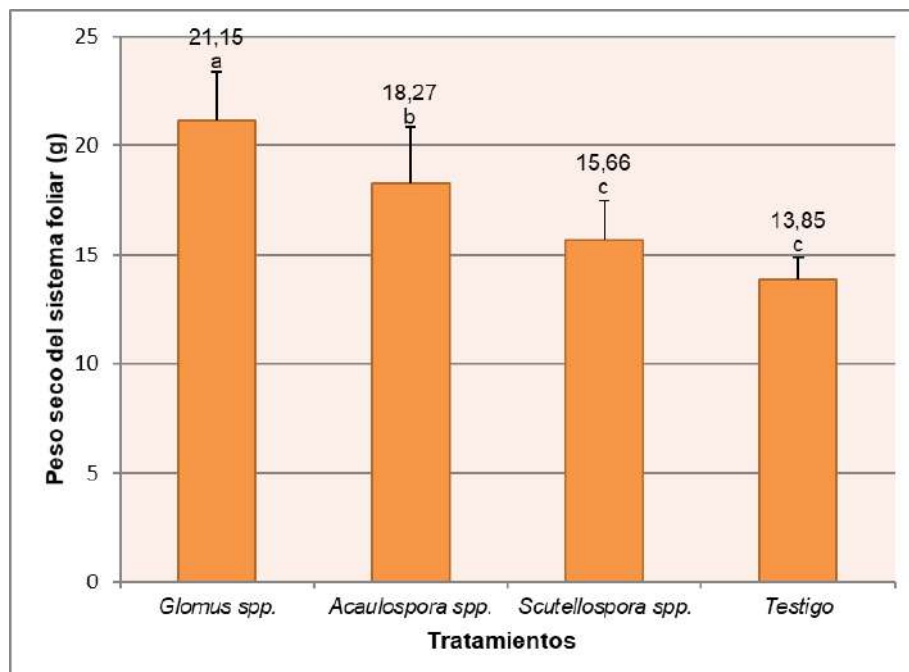


Figura 4. Peso seco del sistema foliar de plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones. Los valores representan la media de diez repeticiones, con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

3.6. Peso húmedo del sistema radicular

La figura 5 muestra los resultados obtenidos después del análisis estadístico ANOVA para la variable "peso húmedo del sistema radicular" en plantas de balsa. A los 90 días después de las inoculaciones con hongos MA, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El tratamiento que contenía hongos MA del género *Glomus* alcanzó el mayor promedio con 33,22 g/planta, seguido de *Acaulospora* spp. con 26,61 g/planta y *Scutellospora* spp. con 21,99 g/planta. En contraste, el tratamiento Testigo, que no contenía hongos MA, obtuvo un valor más bajo de 19,12 g/planta, siendo este el menor valor entre todos los tratamientos utilizados en el presente trabajo.

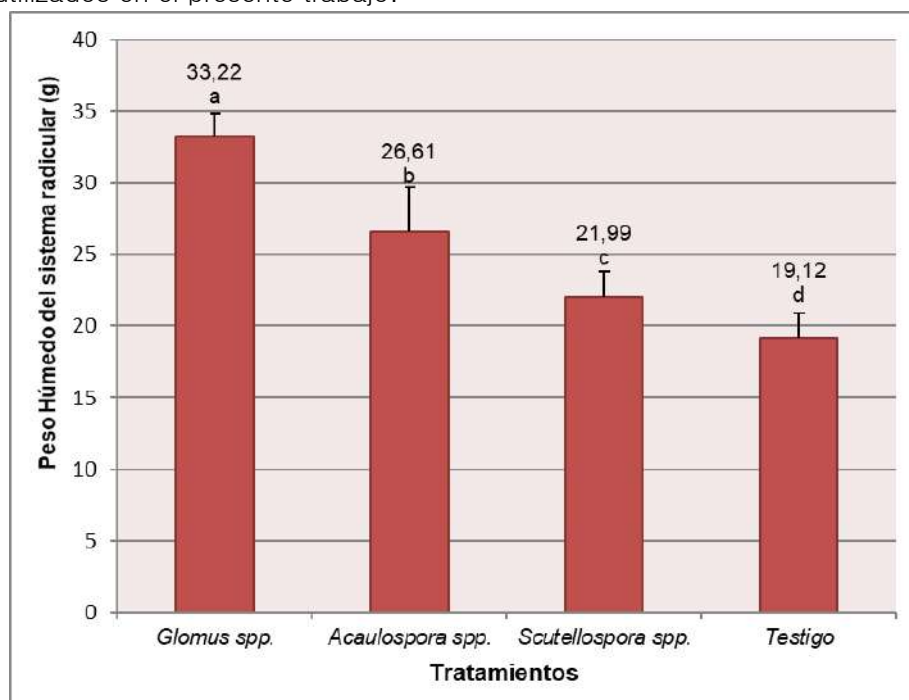


Figura 5. Peso húmedo del sistema radicular de plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones. Los valores representan la media de diez repeticiones, con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

3.7. Peso seco del sistema radicular

En la figura 6, se presenta el peso seco del sistema radicular de las plantas de balsa evaluado a los 90 días después de las inoculaciones con los cuatro tratamientos utilizados en la investigación. Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El tratamiento que contenía como inoculo la micorriza arbuscular *Glomus* spp. mostró un peso seco de 15,89 g/planta, siendo numéricamente superior a *Acaulospora* spp. y *Scutellospora* spp., con valores de 14,79 y 14,18 g/planta, respectivamente, aunque no se reportaron diferencias estadísticas significativas entre ellos. Por otro lado, el tratamiento testigo, nuevamente presentó el promedio más bajo, con 12,25 g/planta, pero no mostró diferencias estadísticas significativas con los tratamientos *Acaulospora* spp. y *Scutellospora* spp.

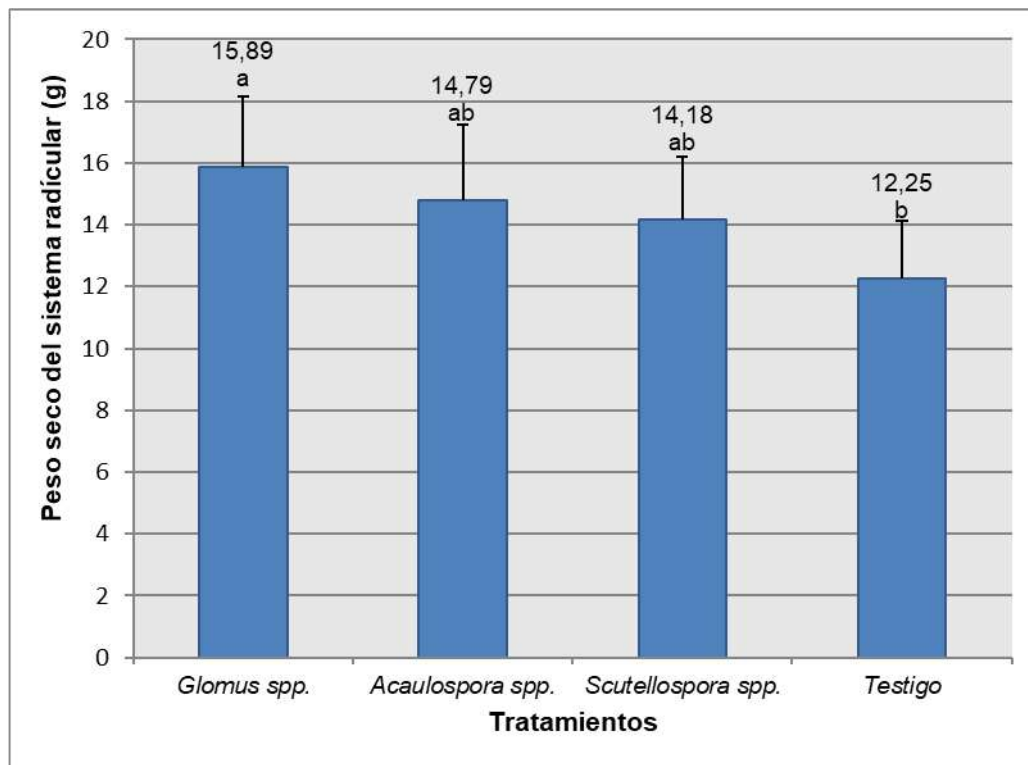


Figura 6. Peso seco del sistema radicular de plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones. Los valores representan la media de diez repeticiones, con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

3.8. Longitud radical

En el análisis de longitud radical realizado a las plantas de balsa a los 90 días después de las inoculaciones, se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Figura 7). El tratamiento más efectivo fue *Glomus* spp., que alcanzó una longitud promedio de 84,08 cm/planta. Los tratamientos que también recibieron inoculantes de micorriza arbuscular mostraron comportamientos estadísticamente similares entre sí, pero fueron superiores al tratamiento testigo, que registró un promedio de 56,635 cm de raíz/planta. Los tratamientos con hongos MA *Acaulospora* spp. y *Scutellospora* spp. alcanzaron longitudes de raíz de 77,94 cm y 76,18 cm por planta, respectivamente. Estos resultados demuestran la capacidad de estos hongos para aumentar el área radicular en comparación con las plantas no inoculadas con hongos MA.

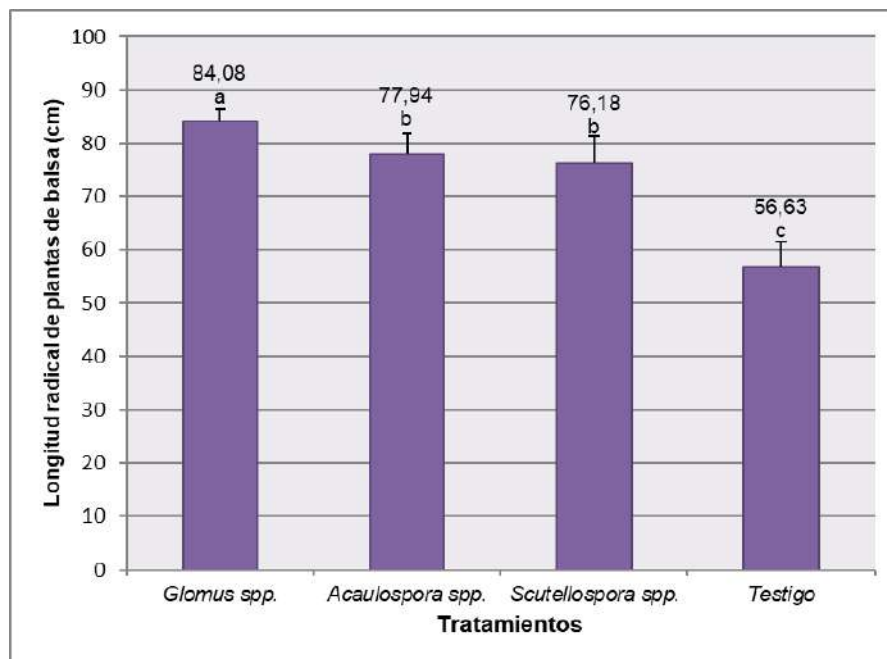


Figura 7. Longitud radical de plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones. Los valores representan la media de diez repeticiones, con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas.

3.9. Longitud de raíz por volumen de suelo (RLv)

Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones en las plantas de balsa, con respecto a la variable longitud de raíz por volumen de suelo. En la Figura 8 se observa que el tratamiento más efectivo de los cuatro utilizados en la presente investigación fue *Glomus* spp., con un valor de 1,09 cm cm⁻³. Le siguió el tratamiento *Acaulospora* spp. con 0,8 cm cm⁻³. Por otro lado, los tratamientos *Scutellospora* spp. y el tratamiento testigo (agua destilada estéril) mostraron valores estadísticamente similares entre sí, ambos con un valor de 0,56 cm cm⁻³, siendo los valores más bajos para la variable longitud de raíz por volumen de suelo.

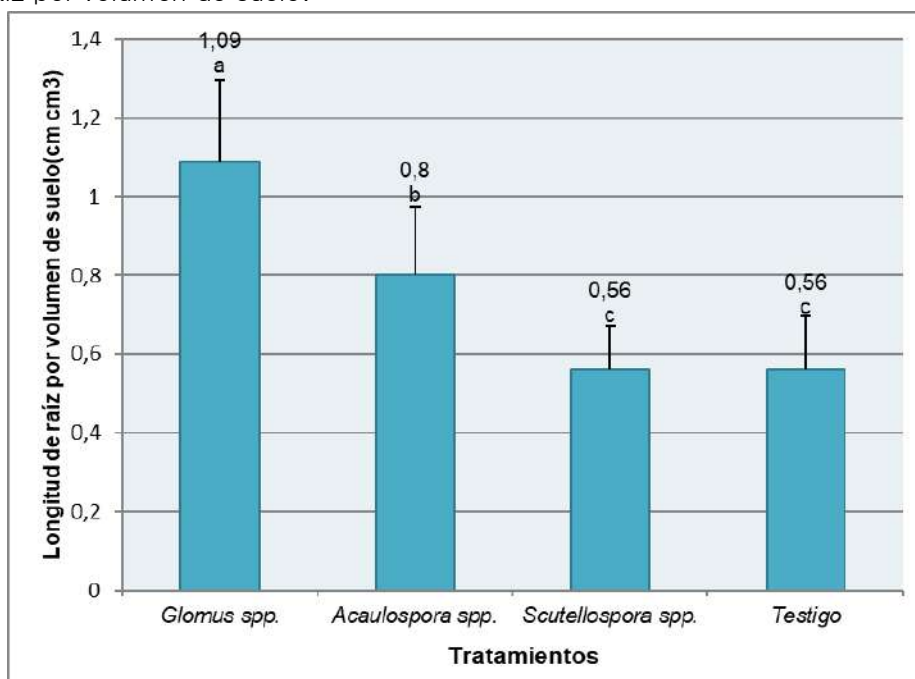


Figura 8. Longitud total de raíz por volumen de suelo (RLv) en plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones. Los valores representan la media de

cinco repeticiones, con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

3.10. Porcentaje de pelos radicales

La Figura 9 muestra un efecto significativo ($p < 0,05$) en el porcentaje de pelos radicales en plantas de balsa a los 90 días después de las inoculaciones. El tratamiento *Glomus* spp. presentó el mayor porcentaje de pelos radicales con un valor de 2,78%, aunque no difirió estadísticamente del tratamiento *Acaulospora* spp., que alcanzó un porcentaje de 2,39% en la evaluación. El tratamiento *Scutellospora* spp. obtuvo un promedio de 2,26%, mientras que el tratamiento testigo, que no recibió inoculación de hongos micorrízicos arbusculares, tuvo un porcentaje de 1,36% de pelos radicales. Nuevamente, el tratamiento testigo reportó el valor más bajo, como ha sido la tendencia en las demás variables evaluadas.

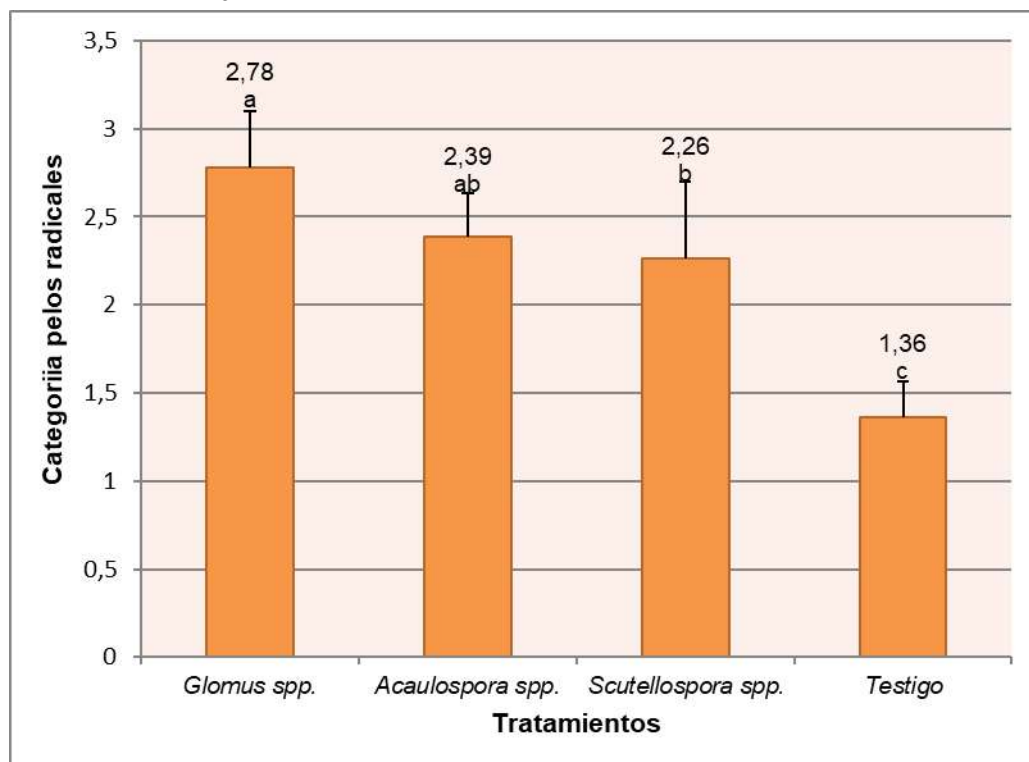


Figura 9. Porcentaje de pelos radicales en plantas de balsa usando cuatro tratamientos a los 90 días después de las inoculaciones. Los valores representan la media de diez repeticiones, con barras de desviación estándar. Medias seguidas por la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$).

4. Discusión

Los autores El análisis de varianza (ANOVA) realizado en esta investigación reveló la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Los valores de alta densidad visual sugieren que los consorcios micorrízicos se establecieron rápidamente en las raíces de las plantas de balsa (*Ochroma pyramidale*) a los 90 días después de las inoculaciones, lo que indica un proceso de infección veloz y una buena densidad de hongos dentro de las raíces. En contraste, estudios previos como el de Tobar-Franco [41] mostraron una infección lenta y escasa a los 180 días después de las inoculaciones, lo cual puede atribuirse a la especificidad evolutiva de los hongos hacia su huésped original. La especificidad ecológica de las micorrizas arbusculares implica que los monocultivos pueden seleccionar los hongos que necesitan, reduciendo así los beneficios potenciales para otras plantas [42,43].

La elección del género de planta utilizada como planta trampa también influye en los resultados, como señalan Morales y Durango [44], quienes obtuvieron mejores resultados con la propagación de esporas de hongos micorrízicos utilizando sorgo (*S. vulgare*). Además, durante la inoculación de los consorcios micorrízicos en las plantas trampa, puede haber presencia de

hongos saprófitos del suelo, como *Trichocladium* sp., lo que sugiere que este hongo puede vivir en la rizosfera asociado a gramíneas [44].

En relación a la población de esporas, todos los consorcios micorrízicos incrementaron su población micorrízica, siendo el consorcio micorrízico *Glomus* spp. el que alcanzó la mayor población de esporas con 450 esporas/100gss, un inóculo menor en comparación con el obtenido por Enríquez [45] de 20,400 esporas/100gss, pero suficiente para lograr los propósitos de inoculación. La esporulación no refleja directamente el nivel de colonización en las raíces de la planta, ya que la esporulación ocurre después de que la biomasa ha pasado el umbral crítico en la raíz, y su desarrollo continúa con el tiempo. Es importante incrementar el porcentaje de estructuras micorrízicas dentro de la raíz para producir una población de esporas alta.

La significancia estadística mostró diferencias para todas las variables evaluadas en esta investigación, lo que sugiere que los consorcios otorgaron cantidades diferentes de materia húmeda y seca a las plantas huésped debido a la alta densidad del endófito en las raíces, lo que a su vez contribuyó con cantidades distintas de nutrientes y marcó la diferencia en el crecimiento vegetativo de la planta. Entry et al. [46] mencionan que la colonización micorrízica resulta en el incremento del área foliar y la biomasa total y radical de las plantas asociadas, lo cual es alcanzado con una buena colonización micorrízica. La diversidad de los consorcios micorrízicos utilizados también influyó en el comportamiento diferencial de las plantas huésped, ya que no todos los consorcios poseían las mismas poblaciones de morfoespecies.

El análisis de ANOVA para la variable altura de planta reveló diferencias estadísticas significativas a los 90 días después de las inoculaciones. Esto concuerda con los resultados obtenidos por [47,48], quienes encontraron diferencias significativas a diferentes periodos después de la inoculación, lo que sugiere que el simbionte micorrízico requiere de un período inicial de incubación variable dependiendo del hospedero.

En cuanto a la variable longitud de raíz por planta (RL) y longitud de raíz por volumen de suelo (RLv), las plantas de balsa inoculadas con consorcios micorrízicos del género *Glomus*, *Acaulospora* y *Scutellospora* obtuvieron una longitud de raíz más grande que el testigo. Estos resultados son consistentes con los hallazgos encontrados por [49,50], que también encontraron incrementos en la longitud radicular de plantas con inoculación micorrízica.

5. Conclusiones

El presente estudio demostró que la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en plantas de Balsa en fase de vivero resulta altamente beneficiosa, mejorando significativamente las condiciones fenotípicas a los 90 días después de las inoculaciones. El consorcio micorrízico *Glomus* extraído de sistemas agroforestales con cacao de la zona de Quevedo mostró los mejores resultados para las variables evaluadas en las plantas de Balsa.

Este enfoque beneficiará a los productores forestales y la industria maderera al mejorar la calidad y el rendimiento de las plantaciones de Balsa, además de tener un impacto ambiental positivo al favorecer prácticas sostenibles en el manejo forestal y la conservación de suelos. La utilización de hongos micorrízicos como inoculantes puede reducir la dependencia de fertilizantes químicos y proteger los recursos naturales.

Además, este estudio enriquecerá el conocimiento científico sobre las interacciones entre hongos micorrízicos y plantas, permitiendo el desarrollo de estrategias más efectivas y sustentables en la agricultura y reforestación. Se recomienda evaluar las plantas inoculadas en el sitio de trasplante definitivo para validar la eficacia a largo plazo. Los actores beneficiados incluyen productores, agricultores, viveristas, tomadores de decisiones y la comunidad científica, quienes podrán aprovechar estos resultados para promover prácticas ambientalmente amigables y el desarrollo de políticas de manejo forestal sostenible.

Contribución de autores: conceptualización, C.V.M.C., R.J.H-F. y M.S.C-P.; metodología, C.V.M.C. y R.J.H-F.; software, M.S.C-P. y J.M-C.; validación, M.S.C-P. y J.M-C.; análisis formal, C.V.M.C., R.J.H-F. y M.S.C-P.; investigación, C.V.M.C., R.J.H-F., M.S.C-P. y J.M-C.; recursos, C.V.M.C. y R.J.H-F.; curaduría de datos, C.V.M.C. y R.J.H-F.; redacción-revisión y edición, C.V.M.C., R.J.H-F., M.S.C-P. y J.M-C.; visualización, C.V.M.C. y R.J.H-F.;

supervisión, M.S.C–P. y J.M–C.; administración de proyectos, C.V.M.C. y R.J.H–F.; adquisición de fondos, C.V.M.C. y R.J.H–F.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Marro, N.; Grilli, G.; Soteras, F.; Caccia, M.; Longo, S.; Cofré, N.; Borda, V.; Burni, M.; Janoušková, M.; Urcelay, C. The Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Species and Taxonomic Groups on Stressed and Unstressed Plants: A Global Meta-analysis. *New Phytol.* **2022**, *235*, 320–332.
2. Weng, W.; Yan, J.; Zhou, M.; Yao, X.; Gao, A.; Ma, C.; Cheng, J.; Ruan, J. Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi as a Biocontrol Agent in the Control of Plant Diseases. *Microorganisms* **2022**, *10*, 1266.
3. Bennett, A.E.; Groten, K. The Costs and Benefits of Plant–Arbuscular Mycorrhizal Fungal Interactions. *Annu. Rev. Plant Biol.* **2022**, *73*, 649–672.
4. Chandrasekaran, M. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Mediated Enhanced Biomass, Root Morphological Traits and Nutrient Uptake under Drought Stress: A Meta-Analysis. *J. Fungi* **2022**, *8*, 660.
5. Xie, K.; Ren, Y.; Chen, A.; Yang, C.; Zheng, Q.; Chen, J.; Wang, D.; Li, Y.; Hu, S.; Xu, G. Plant Nitrogen Nutrition: The Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *J. Plant Physiol.* **2022**, *269*, 153591.
6. Wang, Y.; Zou, Y.–N.; Shu, B.; Wu, Q.–S. Deciphering Molecular Mechanisms Regarding Enhanced Drought Tolerance in Plants by Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. **2023**, *308*, 111591.
7. Tisarum, R.; Samphumphuang, T.; Yooyoungwech, S.; Singh, H.P.; Cha-um, S. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Modulate Physiological and Morphological Adaptations in Para Rubber Tree (*Hevea Brasiliensis*) under Water Deficit Stress. *Biologia (Bratisl)*. **2022**, *77*, 1723–1736.
8. Kalamulla, R.; Karunaratna, S.C.; Tibpromma, S.; Galappaththi, M.C.A.; Suwannarach, N.; Stephenson, S.L.; Asad, S.; Salem, Z.S.; Yapa, N. Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Sustainable Agriculture. *Sustainability* **2022**, *14*, 12250.
9. Sarathambal, C.; Sivaranjani, R.; Srinivasan, V.; Alagupalamuthirsolai, M.; Subila, K.P.; Anamika, B. Effect of Arbuscular Mycorrhizal Inoculation on Growth, Mineral Nutrient Uptake, Photosynthesis and Antioxidant Activities of Black Pepper Cuttings. *J. Plant Nutr.* **2023**, *46*, 2508–2524.
10. Ma, S.; Yue, J.; Wang, J.; Jia, Z.; Li, C.; Zeng, J.; Liu, X.; Zhang, J. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Alleviate Salt Stress Damage by Coordinating Nitrogen Utilization in Leaves of Different Species. *Forests* **2022**, *13*, 1568.
11. Khan, Y.; Shah, S.; Tian, H. The Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Influencing Plant Nutrients, Photosynthesis, and Metabolites of Cereal Crops—A Review. *Agronomy* **2022**, *12*, 2191.
12. Wang, L.; Yang, D.; Ma, F.; Wang, G.; You, Y. Recent Advances in Responses of Arbuscular Mycorrhizal Fungi–Plant Symbiosis to Engineered Nanoparticles. *Chemosphere* **2022**, *286*, 131644.
13. Khaliq, A.; Perveen, S.; Alamer, K.H.; Zia Ul Haq, M.; Rafique, Z.; Alsudays, I.M.; Althobaiti, A.T.; Saleh, M.A.; Hussain, S.; Attia, H. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Symbiosis to Enhance Plant–Soil Interaction. *Sustainability* **2022**, *14*, 7840.
14. Noceto, P.–A.; Bettenfeld, P.; Boussageon, R.; Hériché, M.; Sportes, A.; van Tuinen, D.; Courty, P.–E.; Wipf, D. Arbuscular Mycorrhizal Fungi, a Key Symbiosis in the Development of Quality Traits in Crop Production, Alone or Combined with Plant Growth–Promoting Bacteria. *Mycorrhiza* **2021**, *31*, 655–669.
15. Ma, X.; Geng, Q.; Zhang, H.; Bian, C.; Chen, H.Y.H.; Jiang, D.; Xu, X. Global Negative Effects of Nutrient Enrichment on Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Plant Diversity and Ecosystem Multifunctionality. *New Phytol.* **2021**, *229*, 2957–2969.
16. Fall, A.F.; Nakabonge, G.; Ssekandi, J.; Founoune–Mboup, H.; Apori, S.O.; Ndiaye, A.; Badji, A.; Ngom, K. Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Soil Fertility: Contribution in the Improvement of Physical, Chemical, and Biological Properties of the Soil. *Front. Fungal Biol.* **2022**, *3*.
17. Gou, X.; Ni, H.; Sadowsky, M.J.; Chang, X.; Liu, W.; Wei, X. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Alleviate Erosion–Induced Soil Nutrient Losses in Experimental Agro–Ecosystems. *Catena* **2023**, *220*, 106687.
18. Zheng, Y.; Chen, N.; Yu, K.; Zhao, C. The Effects of Fine Roots and Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Soil Macropores. *Soil Tillage Res.* **2023**, *225*, 105528.
19. Matos, P.S.; Silva, C.F. da; Damian, J.M.; Cerri, C.E.P.; Pereira, M.G.; Zonta, E. Beneficial Services of Glomalin and Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Degraded Soils in Brazil. *Sci. Agric.* **2021**,

- 79.
20. Messa, V.R.; Savioli, M.R. Improving Sustainable Agriculture with Arbuscular Mycorrhizae. *Rhizosphere* **2021**, *19*, 100412.
21. Bi, Y.; Xiao, L.; Guo, C.; Christie, P. Revegetation Type Drives Rhizosphere Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Soil Organic Carbon Fractions in the Mining Subsidence Area of Northwest China. *Catena* **2020**, *195*, 104791.
22. Xiao, L.; Lai, S.; Chen, M.; Long, X.; Fu, X.; Yang, H. Effects of Grass Cultivation on Soil Arbuscular Mycorrhizal Fungi Community in a Tangerine Orchard. *Rhizosphere* **2022**, *24*, 100583.
23. Liu, J.; Zhang, J.; Li, D.; Xu, C.; Xiang, X. Differential Responses of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Communities to Mineral and Organic Fertilization. *Microbiologyopen* **2020**, *9*, e00920.
24. Rillig, M.C.; Aguilar-Trigueros, C.A.; Camenzind, T.; Cavagnaro, T.R.; Degruene, F.; Hohmann, P.; Lammel, D.R.; Mansour, I.; Roy, J.; van der Heijden, M.G.A. Why Farmers Should Manage the Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. *New Phytol.* **2019**, *222*, 1171–1175.
25. Gujre, N.; Soni, A.; Rangan, L.; Tsang, D.C.W.; Mitra, S. Sustainable Improvement of Soil Health Utilizing Biochar and Arbuscular Mycorrhizal Fungi: A Review. *Environ. Pollut.* **2021**, *268*, 115549.
26. Duan, H.-X.; Luo, C.-L.; Li, J.-Y.; Wang, B.-Z.; Naseer, M.; Xiong, Y.-C. Improvement of Wheat Productivity and Soil Quality by Arbuscular Mycorrhizal Fungi Is Density- and Moisture-Dependent. *Agron. Sustain. Dev.* **2021**, *41*, 1–12.
27. Ferrol, N.; Azcón-Aguilar, C.; Pérez-Tienda, J. Arbuscular Mycorrhizas as Key Players in Sustainable Plant Phosphorus Acquisition: An Overview on the Mechanisms Involved. *Plant Sci.* **2019**, *280*, 441–447.
28. Kuila, D.; Ghosh, S. Aspects, Problems and Utilization of Arbuscular Mycorrhizal (AM) Application as Bio-Fertilizer in Sustainable Agriculture. *Curr. Res. Microb. Sci.* **2022**, *3*, 100107.
29. MAATE *Plan Nacional de Restauración Forestal 2019 – 2030*; Quito-Ecuador, 2019;
30. González, B.; Oviedo, B.; Simba, L. Un Cultivo Resiliente Para Enfrentar El Cambio Climático, La Balsa (Ochroma Pyramidale Sw). *Rev. Científica Cienc. y Tecnol.* **2018**, *18*.
31. Romero, E.J.; Franco, L.G.; Patiño, M.C.; Patiño, H.M.C.; Carriel, J.M.; Chévez, M.M. Germinación y Crecimiento de Ochroma Pyramidale (Cav. Ex Lam.) Urb. En Ecuador. *Sci. Agropecu.* **2017**, *8*, 243–250.
32. Pinargote, C.B.; Apuntes, E.S.; Romero, O.D.; Navarrete, P.D.; Cando, M.G. Hongos de Micorriza Arbuscular Presentes En Ochroma Pyramidale (Cav. Ex Lam.) Urb.(Balsa) En Ecuador. *J. Sci. Res.* **2020**, *5*, 71–84.
33. Osorio, B.G.; Fonseca, C.S.; Navarrete, E.D.T.; Simba, L.; Chancay, X.R. Caracterización Del Cultivo de Balsa (Ochroma Pyramidale) En La Provincia de Los Ríos-Ecuador. *Cienc. y Tecnol.* **2010**, *3*, 7–11.
34. Tawaraya, K.; Turjaman, M. Use of Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Reforestation of Degraded Tropical Forests. In *Mycorrhizal Fungi: Use in Sustainable Agriculture and Land Restoration*; Springer, 2014; pp. 357–373.
35. Kiers, E.T.; Lovelock, C.E.; Krueger, E.L.; Herre, E.A. Differential Effects of Tropical Arbuscular Mycorrhizal Fungal Inocula on Root Colonization and Tree Seedling Growth: Implications for Tropical Forest Diversity. *Ecol. Lett.* **2000**, *3*, 106–113.
36. Pinargote, C.B.; Gill, D.C.; Benavides, O.P.; Tobar, R.L.; Apuntes, E.S.; Bone, F.M. Hongos Formadores de Micorriza Arbuscular Asociados a Plantaciones de Ochroma Pyramidale (Cav. Ex Lam.) Urb.(Balsa) En El Trópico Húmedo Ecuatoriano. *Cienc. y Tecnol.* **2019**, *12*, 57–63.
37. Gerdemann, J.W.; Nicolson, T.H. Spores of Mycorrhizal Endogone Species Extracted from Soil by Wet Sieving and Decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **1963**, *46*, 235–244.
38. Phillips, J.M.; Hayman, D.S. Improved Procedures for Clearing Roots and Staining Parasitic and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Rapid Assessment of Infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **1970**, *55*, 158–IN18.
39. Giovannetti, M.; Mosse, B. An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots. *New Phytol.* **1980**, 489–500.
40. Jungk, A.; Claassen, N. Ion Diffusion in the Soil-Root System. *Adv. Agron.* **1997**, 53–110.
41. Franco, J.T. Selección En Invernadero de Inóculos de Micorriza Arbuscular (MA) Para El Establecimiento de La Alfalfa En Un Andisol de La Sabana de Bogotá. *Univ. Sci.* **2006**, *11*, 87–103.
42. Blanco, F.; Salas, E. Micorrizas En La Agricultura: Contexto Mundial e Investigación Realizada En Costa Rica. *Agron. Costarric.* **1997**, *21*, 55–67.
43. Gosling, P.; Hodge, A.; Goodlass, G.; Bending, G.D. Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Organic Farming. *Agric. Ecosyst. Environ.* **2006**, *113*, 17–35.
44. Morales, R.; Durango, W. Resultados En La Obtención de Inóculos Nativos de Hongos Micorrízicos En Cultivos de Cacao (Theobroma Cacao) y Soya (Glycine Max). In Proceedings of the XI Congreso

- Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Quito, Ecuador; 2008; pp. 1–9.
45. Enriquez Montes, W.G. Efecto de La Inoculación de Hongos Micorrízicos Arbusculares En Plantas de *Ochroma Pyramidale* (Balsa), En Fase de Vivero. **2013**.
46. Entry, J.A.; Rygiewicz, P.T.; Watrud, L.S.; Donnelly, P.K. Influence of Adverse Soil Conditions on the Formation and Function of Arbuscular Mycorrhizas. *Adv. Environ. Res.* **2002**, *7*, 123–138.
47. Motta, D.F.; Munévar, F. Respuesta de Plántulas de Palma de Aceite a La Micorrización. *Palmas* **2005**, *26*, 11–20.
48. Cruz, E.A. Efecto de Mycoral® En Las Etapas de Previvero y Vivero Con Dos Niveles de Fertilización En Palma Africana (*Elaeis Guineensis*) En Atlántida, Honduras 2007.
49. Moreta, D.E. Evaluación de Sustratos Inorgánicos Para La Exportación de Inoculante de Micorriza Vesículo–Arbuscular 2002.
50. Castillo, C. Biodiversidad y Efectividad de Hongos Micorrízicos Arbusculares En Ecosistemas Agro–Forestales Del Centro Sur de Chile. *Univ. la Front. Temuco, Chile* **2005**.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Tenencia y porte de armas desde un enfoque constitucional en Ecuador

Andersson Bosquez¹   Wilson Napoleón Del Salto Pazmiño¹ 

¹ Universidad Indoamérica, Machala y Sabanilla, Quito, Ecuador

 Correspondencia: abosquez2@indoamerica.edu.ec  +593 99 953 5274

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62086>

Resumen: Los armamentos usados comúnmente como armas de fuego o pistolas eliminan la vida de aproximadamente 1000 personas diariamente. Otros 34 millones se ven gravemente afectados o sus vidas se ven alteradas cuando hay más de 875 millones de armas de fuego en el mundo, y 3/4 de ellas están en manos de seres humanos sin cargos. En Ecuador, los últimos meses se han visto cambios en la legislación relacionada a los armamentos privados a cargo de civiles. El presente estudio intentará entender la tenencia y porte de armas de fuego desde una perspectiva constitucional. Para ello se desarrolló un análisis a través de la revisión de artículos científicos en bases de datos regionales y de alto impacto. Adicionalmente, se abordaron temas como la Carta Fundamental, leyes, acuerdos ministeriales y cualquier reglamento relacionado a la temática. Los principales resultados indican que el margen normativo constitucional busca la integridad de los ecuatorianos y su seguridad, sin embargo, también impulsa el respeto a la vida, además de resaltar como principal consecuencia de la tenencia de armas al incremento de la violencia. En conclusión, la tenencia y porte de armas puede considerarse una medida de doble filo, que sin los mecanismos adecuados puede tener repercusiones para la seguridad social de Ecuador.

Palabras claves: Violencia, problemas sociales, leyes, constitución, Ecuador, muertes violentas, sicarios.



Citation: Bosquez, A., & Del Salto Pazmiño, W. N. (2023). Tenencia y porte de armas desde un enfoque constitucional en Ecuador. Green World Journal, 06(02), 086.

<https://doi.org/10.53313/gwj62086>

Received: 10/Apr /2023

Accepted: 10/Aug /2023

Published: 17/Aug /2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



Possession and carrying of firearms from a constitutional approach in Ecuador

Abstract: Commonly used armaments such as firearms or guns take the lives of approximately 1,000 people daily. Another 34 million are seriously affected or have their lives altered when there are more than 875 million firearms in the world, and 3/4 of them are in the hands of humans without charge. In Ecuador, the last few months have seen changes in legislation related to private armaments in civilian hands. This study will attempt to understand the possession and carrying of fire from a constitutional perspective. For this purpose, an analysis was developed through the review of scientific articles in regional and high impact databases. In addition, topics such as the Magna Carta, laws, ministerial agreements and any regulations related to the subject were addressed. The main results indicate that the constitutional normative margin seeks the integrity of Ecuadorians and their security; however, it also promotes respect for life, in addition to highlighting the increase in violence as the main consequence of gun ownership. In conclusion, the possession and carrying of arms can be considered a double-edged measure, which without adequate mechanisms can have repercussions for social security in Ecuador.

Keywords: Violence, social problems, laws, constitution, Ecuador, violent deaths, hired killings.

1. Introducción

Aproximadamente 1.000 personas son asesinadas con armas de fuego diariamente, con una cifra mucho mayor de heridos y personas cuyas vidas sufren alteraciones cuando hay presencia de armas [1,2]. Existe una gran cantidad de armamento a nivel mundial, siendo 875 millones la cifra exacta, las tres cuartas partes se encuentran en manos de civiles. Comparando esto con vehículos de pasaje, el conteo de armas es doblemente superior, ya, las armas representan un 29%, es decir las armas de fuego superan a los vehículos con una diferencia de 253 millones. Cada año se producen hasta ocho millones de nuevas armas desde escopetas y pistolas hasta rifles de asalto. Además, se fabrican aproximadamente 10 a 15 mil millones de proyectiles, lo suficiente como para disparar casi dos rondas por persona a nivel mundial [3].

Las organizaciones y redes criminales, tanto las clásicas como en las formas modernas, existen con una variedad de objetivos, muchas veces alineándose con delitos graves. El comercio de armas de fuego ilegal es un elemento importante en lo que respecta a las actividades delictivas a nivel mundial; como tal, a menudo es una herramienta para el control de la violencia, para alcanzar un poder ilegal y obtener altas ganancias con el tráfico ilegal de armas. Estas actividades de crimen organizado sirven como alicientes para los grupos criminales a nivel internacional, mediante la movilización rápida de recursos a través de fronteras, jerarquización de sus estructuras, mantenimiento de un grado de oligopolio sobre los mercados ilegales y la capacidad de corromper a las autoridades nacionales [3]. La criminalidad internacional se ve agravada por el tráfico ilegal y el uso de armas de fuego, una forma cada vez más común de cometer delitos relacionados con el crimen organizado. Se estima que el tráfico de armas de fuego está intrínsecamente vinculado con el aumento de la violencia en muchas partes del mundo, contribuyendo a altos índices de homicidios con armas de fuego, violación y violencia criminal en su conjunto. La facilidad con que se pueden conseguir armas ilegales también puede tener efectos catastróficos en la salud, seguridad y economía de comunidades enteras. Datos estadísticos mencionan que el homicidio es la tercera causa de muerte para jóvenes y adultos de entre 15 a 34 años, mientras que en África el homicidio es la primera causa de muerte [3,4].

La violencia con armas de fuego constituye una grave amenaza para la salud pública y la seguridad humana alrededor de todo el mundo. Esto se ha visto reflejado en la gran cantidad de vidas que cada año se pierden en eventos relacionados con armas de fuego, tanto durante conflictos armados como en hechos sin conexión directa con la guerra. Esta violencia puede tomar una variedad de formas y supone a su vez la violación de otros derechos humanos tales como [2]: niveles peligrosamente altos de inseguridad personal hasta conflictos armados que dejan una gran cantidad de muertes a su paso. Tales inseguridades, incluyendo violencia doméstica y criminal, tienen graves consecuencias económicas y sociales para la sociedad en general. Para abordar estos problemas con armas de fuego, se necesitan enfoques multifacéticos, abarcando desde la justicia penal, el control de armas, hasta servicios de salud mental. solo entonces se pueden construir soluciones duraderas para reducir los problemas relacionados con la criminalidad y las armas de fuego [5].

Los datos indican que el comportamiento de portar armas es un precursor de la violencia armada entre los jóvenes. Esto se comprende mejor cuando se miden las tendencias de los homicidios juveniles en comparación con las tendencias del porte de armas por parte de los adolescentes, estudiadas a nivel nacional e internacional. Esta investigación concluye de manera consistente que cuando los adolescentes portan armas, tienen un mayor riesgo potencial tanto de ser víctimas como de cometer crímenes con armas de fuego [2].

Las investigaciones sugieren que cuando se portan armas, esto impacta negativamente la vida. Múltiples estudios han identificado los factores de riesgo de portar armas entre los adolescentes, relacionándose con cuestiones individuales, comunitarios y sociales. Estos correlatos incluyen la exposición previa a la violencia con armas, el consumo de drogas, comportamiento delincuente entre los pares, pandillas, tráfico de drogas y otras actividades ilegales [6,7].

La difusión de políticas de estado a estado depende de una variedad de factores. Estudios recientes de difusión de políticas de estado a estado han permitido mejorar la comprensión de la forma en que las políticas fluyan a través de los territorios. A menudo, estos estudios se remiten a tres principales teorías: la emulación de la dinámica del vecino (en la que un estado imita la política de un estado cercano), el aprendizaje de políticas (en el que un estado observa los resultados de una política utilizada en otro estado) y la competencia interestatal (particularmente cuando se producen efectos indirectos para los estados vecinos) [8,9]. Los estudios sobre la propagación de políticas han abarcado una amplia gama de factores internos, externos e intermedios. Se han identificado varios elementos comúnmente relacionados con la difusión entre los estados, tales como el tamaño de la población, la orientación política y el entorno gubernamental, así como la presencia de leyes similares en el mismo ámbito político. Sin embargo, ninguna investigación hasta ahora ha estudiado la difusión de leyes específicamente diseñadas para disuadir a los estados de adoptar ciertas políticas. Esta investigación, por tanto, buscará identificar las leyes punitivas de prevención de armas de fuego en varios estados durante la rápida expansión de tales leyes, con una nueva base de datos jurídica [5,10].

El Consejo de Derechos Humanos solicitó a la Alta Comisionada de Derechos Humanos un informe sobre cómo se ha monitoreado y regulado la adquisición, posesión y uso de armas de fuego por parte de civiles a fin de proteger los derechos humanos cotidianos. El informe abordó la complejidad de la relación entre las armas de fuego y los derechos humanos, particularmente en lo relacionado a cómo las armas de fuego desempeñan un papel fundamental en las operaciones militares y de seguridad destinadas a preservar los derechos humanos, así como, en otros contextos, son usadas para violar los derechos humanos [2,8]. Por ello es importante evaluar la eficacia de normas nacionales que regulan la adquisición, detención y uso de armas de fuego entre los civiles, para determinar cómo contribuyen a proteger los derechos humanos, particularmente el derecho a la vida y la seguridad personal, así como para identificar prácticas óptimas que puedan guiar a los Estados legislativamente en la materia [3,5].

Es necesario comprender que las armas de fuego ilegales son un factor fundamental en el mantenimiento del crimen organizado contemporáneo. La investigación en diversas jurisdicciones ha determinado que la circulación de armamento y municiones, obtenidas a través de producción ilegal, reutilización de armas de guerra desechadas, desvíos de reserve institucional del Estado y tráfico desde regiones donde su adquisición es legalmente más sencilla, nutren y refuerzan los mercados ilícitos a nivel internacional [11,12]. Los hallazgos mundiales sugieren que el uso indiscriminado de armas de fuego en manos de civiles tiene consecuencias graves para la seguridad pública. Los hallazgos de la investigación internacional evidencian que los lobbies de armas han influenciado de manera significativa el debilitamiento de las leyes estatales sobre portación de armas, lo que ha contribuido a un aumento considerable en el número de estadounidenses que portan armas en público [13,14].

Los investigadores deben recurrir a diversos enfoques para entender mejor la relación entre el cambio en las leyes sobre armas de fuego y el aumento o disminución de los daños relacionados con el uso de armas. Los análisis deductivos tradicionales examinan observaciones empíricas para probar teorías existentes. Sin embargo, confiar únicamente en este procedimiento no permite obtener información acerca del contexto político general y no es capaz de explicar la

heterogeneidad de respuesta al interior y entre los estados a la misma legislación sobre armas de fuego [13]. Para contar con una mejor comprensión de los efectos de la regulación de armas de fuego y sus implicaciones para los derechos humanos, los investigadores deben emplear un enfoque inductivo. Esto implicaría el uso de las observaciones como punto de partida para avanzar en el desarrollo de nuevas teorías. El presente estudio tuvo como objetivo analizar la tenencia y porte de armas desde un punto de vista constitucional en Ecuador y su respuesta a los altos niveles de violencia.

2. Materiales y métodos

Para abordar el objetivo de la investigación concerniente a la tenencia y porte de armas desde un punto de vista constitucional en Ecuador, el diseño metodológico empleó un enfoque descriptivo, con aspectos cualitativos y cuantitativos. Se recurrió a una revisión bibliográfica para examinar las tenencias de armas en Ecuador y su influencia en los niveles de violencia, así como a un juicio de expertos para llevar a cabo el análisis final y establecer retos y conclusiones.

Con el fin de recurrir a los documentos más relevantes para el estudio, la búsqueda de documentos fue realizada en bases de datos de alto impacto, como Web of Science y Scopus, así como en fuentes regionales, como Redalyc y Scielo [15,16]. La búsqueda se limitó a publicaciones de los últimos 20 años, se buscó por título, resumen y palabras clave, realizándose esta en idioma inglés y español. De los documentos resultantes se realizó un descarte en base a la relevancia e importancia para la investigación, mediante la lectura del título, resumen y resultados.

Una vez recopilada la información importante de los documentos seleccionados, se llevó a cabo un conversatorio de expertos para realizar una lluvia de ideas que facilitara la formulación de retos y conclusiones del estudio. Esta metodología permitió recopilar información relacionada con tenencia de armas y su influencia en los niveles de violencia. Los resultados obtenidos de las discusiones condujeron a la conclusión de la sección final de este documento.

3. Resultados

3.1. Contexto actual

Para fines del año 2023, el Estado ecuatoriano ha puesto en vigor una serie de regulaciones en materia de acceso y control de armas para la contención de los índices de violencia en la población [17]. Estas medidas incluyen, entre otros elementos, la vigilancia gubernamental para el control del suministro de armamento a través de la restricción de almacenamiento y tenencia de armas de fuego en población civil con comprobación de necesidad legítima por parte de la autoridad competente. Estas regulaciones, conjuntadas con la política de desarme de las zonas de conflicto por parte de las fuerzas de seguridad, se presupone que tendrán una gran incidencia en la disminución de los homicidios en el territorio ecuatoriano [18].

Esta medida fue tomada como punto de partida en base a las muertes violentas que se han venido presentando en el país, que indiscutiblemente están asociadas a las pandillas y narcotráfico. Ecuador a nivel de sur América es considerado como uno de los países con mayor número de homicidios relacionados con armas de fuego, que en su mayoría son ilegales [19]. Durante los últimos años las tasas de criminalidad han experimentado un incremento sustancial más notorio en los núcleos urbanos de Quito y Guayaquil. EL INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) reporta que el 33.6% de personas de 15 años de edad o más sufrieron algún delito en el transcurso del año pasado [20].

Llambo et al. (2023) menciona que además de la violencia y el crimen organizado que se desarrolla en diferentes ciudades del país, los recursos y personal que precautelan la seguridad de los ecuatorianos es deficiente, ya que Ecuador cuenta con 1,17 policías por 1000 habitantes,

por ende, se suscita un incremento en la delincuencia y sensación generalizada de inseguridad. Por ello, el gobierno ha autorizado el uso de armas para protección frente a los diferentes delitos, sin embargo, esta medida puede conllevar a un incremento de homicidios, accidentes o índices de violencia mayores [19].

Sin embargo, otras investigaciones aluden que una de las principales causas de la problemática mencionada es la carencia de oportunidades sociales y económicas, un claro ejemplo es el desempleo, factor que influye en el accionar de personas, principalmente jóvenes que son influenciados a cometer actos delictivos para poder sobrevivir [22].

3.2. Enfoque constitucional de tenencia y porte de armas

El derecho a la defensa jurídica es un principio fundamental diseñado para proteger a las personas de ataques inminentes y graves violaciones a la integridad personal [23]. Este derecho está ampliamente reconocido en varios instrumentos de derechos humanos de la comunidad internacional. Asimismo, el tema del porte y tenencia de armas de fuego es controvertido en muchos países, incluido Ecuador. [22].

La Declaración Universal de Derechos Humanos en su artículo 3 [24] y en el Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos en su artículo 6 [25] reconoce el derecho a la legítima defensa, mismo que esté arraigado al principio básico de autodefensa, en donde la persona tiene derecho a usar la fuerza como mecanismo de defensa a sí mismo o terceros frente a agresiones ilegítimas o eminente.

El debate sobre si el porte y tenencia de armas de fuego garantiza la legítima defensa ha sido objeto de controversia en la comunidad internacional, ciertos defensores sostienen que es un derecho fundamental de los individuos, otros plantean que esta medida podría exacerbar tanto la violencia como la delincuencia. De hecho, hay evidencias de que en diversos países, la legalización de armas ha propiciado un notable incremento en los índices de violencia y actividades delictivas [22].

La Constitución de la República del Ecuador, vigente desde 2008, reconoce el derecho a la legítima defensa. En el Artículo 66 de la Constitución, se establece que " Se reconoce y garantizará a las personas: el derecho a la integridad personal, que incluye: La integridad física, psíquica, moral y sexual, Una vida libre de violencia en el ámbito público y privado." [26]. Además, en el artículo 3, numeral 8, el cual establece claramente la garantía de una cultura de paz, seguridad integral y vivir en una sociedad democrática y libre de corrupción. En ese sentido, el poder Legislativo promulgó la Ley Orgánica Reformatoria, fortaleciendo las capacidades institucionales y la seguridad integral [22].

Bajo esta perspectiva la consideración de la tenencia y el porte de armas desde una perspectiva constitucional plantea un dilema fundamental entre la protección de los derechos individuales y los posibles riesgos para la seguridad pública. Si bien algunos argumentan que el acceso a las armas podría empoderar a los ciudadanos y servir como un contrapeso frente a posibles amenazas, tanto internas como externas, esta libertad también puede presentar desafíos sustanciales [27]. La disponibilidad generalizada de armas podría aumentar las posibilidades de accidentes trágicos, aumentar la probabilidad de conflictos y contribuir a un ambiente de violencia que erosione la cohesión social [28].

Es esencial considerar cuidadosamente cómo el equilibrio entre los derechos individuales y la seguridad comunitaria se ve afectado por la tenencia y el porte de armas. La regulación adecuada, como la verificación exhaustiva de antecedentes y la educación en seguridad, puede ayudar a mitigar algunos de los riesgos asociados con la posesión de armas, pero aun así persiste la pregunta sobre si el potencial de protección de los derechos individuales supera los peligros inherentes [29]. En última instancia, cualquier discusión sobre las armas desde una

perspectiva constitucional debe sopesar cuidadosamente los argumentos a favor de la autodefensa y la capacidad de mantener un ambiente seguro y ordenado en la sociedad en su conjunto [30].

Finalmente, se debe destacar que en relación al porte y tenencias de armas el bien jurídico a considerar es la seguridad y protección personal o de terceros frente agresiones o ataques, garantizando la integridad en todas sus formas, brindando la posibilidad de defenderse de forma inmediata y real [31].

3.3. Proyección de la tenencia de armas en Ecuador

Los investigadores han tratado de identificar los factores subyacentes a los delitos y la violencia con armas de fuego [32]. El argumento central detrás de los debates sobre el control de armas es que la alta accesibilidad de las armas aumenta la probabilidad de delitos y violencia con armas, por lo que muchos estudios han investigado la relación entre la posesión de armas y el delito y la violencia. Sin embargo otros autores mencionan que las regulaciones de armas están asociadas con niveles más bajos de delincuencia y violencia [33,34].

Además, es importante resaltar que la presencia de armas de fuego puede propiciar que las personas se sientan amenazadas y temerosas por sus vidas, con efectos psicológicos graves y duraderos, debido a que las personas temen a la violencia con armas de fuego, esto también puede tener un impacto negativo en el derecho a la educación o atención médica cuando tienen demasiado miedo de asistir a las escuelas o a los centros de salud, o por el contrario si estos servicios no funcionan plenamente, debido a la violencia con armas de fuego en su localidad [35].

La disponibilidad fácil de armas de fuego ya sea legal o ilegalmente, es uno de los principales impulsores de la violencia armada [21]. El gobierno tiene la responsabilidad de garantizar la máxima protección de los derechos humanos, creando un entorno seguro para la mayoría de las personas, especialmente aquellas que se encuentran en mayor riesgo (Torres Maldonado, 2019.). Si un gobierno no implementa un control adecuado sobre la posesión y el uso de armas de fuego en respuesta a la persistente violencia armada, esto podría considerarse como una violación de sus obligaciones según el derecho internacional de los derechos humanos [37] .

La disponibilidad y utilización ilícita de armas de fuego tienen un impacto significativo en la seguridad ciudadana, ya que las armas de fuego actúan como un factor determinante que facilita y agrava diversos tipos de actividades delictivas. El fácil acceso y la disponibilidad de armas de fuego contribuyen a incrementar los riesgos de que los conflictos interpersonales se conviertan en encuentros letales cuando se están presentes dichas armas [21,35] . La violencia doméstica, los delitos contra la propiedad y otros conflictos menores tienden a intensificarse y ocasionar daños graves si al menos una de las partes involucradas tiene acceso a un arma de fuego. El empleo de armas de fuego en situaciones de conflicto interpersonal no solo aumenta la gravedad de los daños, sino también el número de víctimas en comparación con situaciones en las que se emplean armas cuerpo a cuerpo [37].

4. Conclusiones

Desde un enfoque constitucional en Ecuador el debate sobre la tenencia y porte de armas es objeto de diversas opiniones. Tras analizar opiniones en contra y a favor, se puede mencionar que es un tema sumamente complejo y delicado, y que su inclusión como derecho fundamental en la Constitución requiere un enfoque equilibrado y cuidadoso.

En primer lugar, la legitimidad es un principio fundamental que es reconocido internacionalmente por diferentes instrumentos, que tiene por objetivo la protección de la integridad de las personas. Bajo esta perspectiva el porte y tenencia de armas puede considerarse

como una herramienta de protección frente a agresiones. Sin embargo, esta posesión de armas puede convertirse en un problema, al no ser usada de forma inadecuada e irresponsable, ocasionando graves consecuencias respecto a la seguridad y vida de las personas.

Además, consagrar el derecho a poseer y usar armas de fuego en la constitución ecuatoriana presenta desafíos importantes. La regulación de este privilegio debe complementarse con estrictas medidas de control, formación y vigilancia para evitar el abuso y los riesgos asociados a su titularidad. Cualquier regulación relacionada con el porte y posesión de armas de fuego debe enfocarse en mantener la seguridad pública y la integridad de la sociedad en su conjunto al evitar que las armas caigan en manos de personas con antecedentes penales o problemas de salud mental.

Bajo esta perspectiva es imprescindible abordar un enfoque amplio y congruente entre el derecho a la legitimidad, defensa y la protección colectiva. Es decir, la inclusión del porte y tenencia de armas como derecho fundamental dentro de la Constitución Ecuatoriana debe basarse en los historiales y legislación comparada, indicadores de violencia y seguridad ciudadana, demandas y necesidades de la sociedad ecuatoriana.

Finalmente, desde un enfoque constitucional la tenencia y porte armas debe abordarse de forma integral y multidisciplinaria, es decir, se debe considerar aspectos tanto legales y constitucionales como de seguridad pública, sociológicos y psicológico, buscando siempre un balance entre protección de derechos individuales y colectivos.

Contribución de autores: Los autores contribuyeron en todos los apartados.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Salman, S.M.A. United Nations General Assembly Resolution: International decade for action, water for life, 2005–2015: A water forum contribution. *Water Int.* **2005**, *30*, 415–418.
2. Koper, C.S.; Mayo-Wilson, E. Police strategies to reduce illegal possession and carrying of firearms: Effects on gun crime. *Campbell Syst. Rev.* **2012**, *8*, 1–53.
3. Zeoli, A.M.; Frattaroli, S.; Roskam, K.; Herrera, A.K. Removing firearms from those prohibited from possession by domestic violence restraining orders: A survey and analysis of state laws. *Trauma, Violence, Abus.* **2019**, *20*, 114–125.
4. Hassett, M.R.; Kim, B.; Seo, C. Attitudes toward concealed carry of firearms on campus: A systematic review of the literature. *J. Sch. Violence* **2020**, *19*, 48–61.
5. Hoover, C.; Specht, A.J.; Hemenway, D. Firearm licensure, lead levels and suicides in Massachusetts. *Prev. Med. (Baltim.)* **2023**, *166*, 107377, doi:https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2022.107377.
6. Kaufman, E.J.; Richmond, T.S.; Hoskins, K. Youth Firearm Injury: A Review for Pediatric Critical Care Clinicians. *Crit. Care Clin.* **2023**, *39*, 357–371, doi:https://doi.org/10.1016/j.ccc.2022.09.010.
7. Patel, J.; Leach-Kemon, K.; Curry, G.; Naghavi, M.; Sridhar, D. Firearm injury—a preventable public health issue. *Lancet Public Heal.* **2022**, *7*, e976–e982, doi:https://doi.org/10.1016/S2468-2667(22)00233-X.
8. Attridge, M.M.; Powell, E.C. Social risk behaviors for firearm violence. In; Halpern-Felsher, B.B.T.–E. of C. and A.H. (First E., Ed.; Academic Press: Oxford, 2023; pp. 498–507 ISBN 978-0-12-818873-6.

9. Behrens, D.; Haasz, M.; Dodington, J.; Lee, L.K. Firearm Injury Prevention Advocacy: Lessons Learned and Future Directions. *Pediatr. Clin. North Am.* **2023**, *70*, 67–82, doi:<https://doi.org/10.1016/j.pcl.2022.09.002>.
10. Price, J.H.; Khubchandani, J. School firearm violence prevention practices and policies: Functional or folly? *Violence Gend.* **2019**, *6*, 154–167.
11. Vecchi, M.; Cruz, R.M. Risk Predictors Associated with Firearm Use: A Scope Review. *Paid. (Ribeirão Preto)* **2023**, *33*, e3303.
12. Kester, L.; Holena, D.N.; Hynes, A.M.; Kaufman, E.J.; Brahmbhatt, T.; Sanchez, S.; Byrne, J.P.; Dechert, T.; Seamon, M.; Scantling, D.R. Preventing the most common firearm deaths: Modifiable factors related to firearm suicide. *Surgery* **2023**, *173*, 544–552, doi:<https://doi.org/10.1016/j.surg.2022.10.012>.
13. Stroebe, W. Firearm possession and violent death: A critical review. *Aggress. Violent Behav.* **2013**, *18*, 709–721, doi:<https://doi.org/10.1016/j.avb.2013.07.025>.
14. Barak-Ventura, R.; Marín, M.R.; Porfiri, M. A spatiotemporal model of firearm ownership in the United States. *Patterns* **2022**, *3*, 100546, doi:<https://doi.org/10.1016/j.patter.2022.100546>.
15. Mestanza-Ramón, C.; Jiménez-Caballero, J.L. Nature Tourism on the Colombian—Ecuadorian Amazonian Border: History, Current Situation, and Challenges. *Sustain.* **2021**, *13*.
16. Mestanza-Ramón, C.; Lara-Váscones, R.; Mora-Silva, D.; Milanes, C.B.; Saeteros-Hernández, A.; Sanchez-Capa, M.; Cunalata-Garcia, A. Charapa Turtles (*Podocnemis unifilis*), an Opportunity to Improve Community Tourism and Contribute to Their Conservation in Yasuní National Park, Ecuador. *Sustain.* **2022**, *14*.
17. Andrade De Santiago, E.; Ponce, J.; Pontón Cevallos, D. Evaluación del impacto de políticas de seguridad ejercidas entre 2007 y 2014 sobre la tasa de homicidios en Ecuador: Método de Control Sintético (MCS). *Gestión y Política Pública* **2021**, *30*.
18. El comercio ¿Cuánto tiempo dura el permiso de tenencia y porte de armas en Ecuador? **2023**.
19. Arias-Ulloa, J.I.; Paredes-Fuertes, F.E. El porte y tenencia de armas como mecanismo de defensa en el Ecuador. *Rev. Metrop. Ciencias Apl.* **2023**, *6*, 33–42.
20. INEC Estadísticas robos.
21. Llambo, A.C.; Herrera, L.C.; Ramírez, B.R.; Pinela, R.G. Crisis de seguridad en Ecuador y autorización de uso civil para tenencia y porte de armas. *Polo del Conoc.* **2023**, *8*, 373–384.
22. Fuentes, J.L.V.; Ocaña, M.P.C. Legalización del porte o tenencia de armas de fuego en población civil, implicaciones jurídicas, psicológicas y sociológicas. *Polo del Conoc.* **2023**, *8*, 828–843.
23. Barboza Requejo, J.L. Bases jurídicas que fundamentan la aplicación del principio de responsabilidad de proteger en el marco del derecho internacional público ante la grave crisis humanitaria venezolana. **2021**.
24. Organización Naciones Unidas La Declaración Universal de Derechos Humanos Available online: <https://www.un.org/es/about-us/universal-declaration-of-human-rights>.
25. Naciones Unidas Derechos Humanos Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos Available online: <https://www.ohchr.org/es/instruments-mechanisms/instruments/international-covenant-civil-and-political-rights>.
26. Constitución Política de la República del Ecuador Constitución Política de la República del Ecuador. *Asam. del Ecuador* **2008**, 1–54.

27. Moposita, D.A.S.; Dominguez, C.D.G. Evaluación de políticas públicas en los procesos de control de porte y tenencia de armas. *Cienc. Lat. Rev. Científica Multidiscip.* **2022**, *6*, 3851–3870.
28. Roos Larrea, W.R. Análisis jurídico del porte y tenencia de armas de fuego en el Ecuador. 2022.
29. Portilla Pilalot, M.A.; Triviño Villamar, J.D. Armas traumáticas. Legalización para porte y tenencia en el Ecuador 2022.
30. Roque, R.R.; Castillo, M.A.A.; Meléndez, J.E.P. Tenencia de armas de fuego: ¿un mecanismo de autoprotección? *Capítulo criminológico Rev. las Discip. del Control Soc.* **2010**, *38*, 177–196.
31. Megyes, I. Análisis del delito de tenencia ilegal de arma de fuego y su cuestionamiento frente al principio constitucional de lesividad 2022.
32. Sanchez, C.; Jaguan, D.; Shaikh, S.; McKenney, M.; Elkbuli, A. A systematic review of the causes and prevention strategies in reducing gun violence in the United States. *Am. J. Emerg. Med.* **2020**, *38*, 2169–2178.
33. Smith, J.; Spiegler, J. Explaining gun deaths: Gun control, mental illness, and policymaking in the American states. *Policy Stud. J.* **2020**, *48*, 235–256.
34. Hurka, S.; Knill, C. Does regulation matter? A cross-national analysis of the impact of gun policies on homicide and suicide rates. *Regul. Gov.* **2020**, *14*, 787–803.
35. Meza Alarcón, K.R.; Salvador Saavedra, D.V. Control de armas versus seguridad ciudadana bajo un enfoque de Política Criminal en Ecuador. **2023**.
36. Torres Maldonado, V.S. Calidad de sentencias de primera y segunda instancia sobre tenencia ilegal de armas y municiones; expediente N° 04609–2017–0–3207–JR–PE–06, distrito judicial de Lima Este–Lima, 2023.
37. Ramírez, M.S.A. El porte de armas en la normativa federal de los estados unidos desde la perspectiva iusnaturalista. *Rev. Jurídica Mario Alario D' Filippo* **2023**, *15*, 248–259.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

RESEARCH ARTICLE

Connection of tourism with the landscape as a fundamental element for sustainable development in rural areas

Carlos Mestanza-Ramón^{1,2,3}   José Luis Jiménez-Caballero¹ 

¹ Departamento Economía Financiera y Dirección de Operaciones, Universidad de Sevilla, 41018 Sevilla, Spain

² Research Group YASUNI-SDC, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, El Coca EC 220001, Ecuador

³ Instituto Superior Tecnológico Universitario Oriente, La Joya de los Sachas 220101, Ecuador

 Correspondence: cmestanza@us.es  + 593 97 8277770

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj620087>

Abstract: Tourism and landscape are two closely related realities. The image most frequently used to promote a given tourist center is, precisely, its landscape. Hence the importance of having landscapes of a certain quality, and knowing how to manage them in a rational way, as they are very fragile natural resources. If we take as a reference that any recovery process, once degraded, is costly and, in more complex cases, impossible to achieve. Landscape is a fundamental element in tourism and its promotion. In general, the importance of landscape in the processes of tourism development and its sustainability is unknown. In this sense, this study describes the evolution of the concept of tourism, analyzes the relationship between tourism and landscape, its valorization and landscape stereotypes. In order to respond to these objectives, a bibliographic review was carried out in high impact and regional scientific databases. As a result, the importance of the landscape for tourism, its valorization and integral development is transversally detailed. In general terms, it is essential to take advantage of the landscape for tourism with a focus on sustainable development. Finally, the different landscapes and their elements must be managed in a responsible and sustainable way where environmental, social and economic aspects are valued.

Keywords: Landscape, economy, sustainable development, waterfalls.



Citation: Mestanza-Ramón, C., & Jiménez-Caballero, J. L. (2023). Connection of tourism with the landscape as a fundamental element for sustainable development in rural areas. *Green World Journal*, 6(2), 087.

<https://doi.org/10.53313/gwj620087>

Received: 11/May/2023

Accepted: 18/Aug/2023

Published: 21/Aug/2023

Prof. Alex Gavilanes Montoya, PhD.
Academic-Editor / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

1. Introduction

Nature tourism is directly related to development and sustainable tourism, and practically refers to natural habitats and their biodiversity, where natural parks, protected reserves, ecotourism, the rural environment, agrotourism and the involvement of the population belonging to the specific area of tourist implantation acquire great relevance [1,2]. This segment of tourism represents an enormous opportunity to contact with the natural and healthy roots that people need in the habitats in which they live, and can act as a compensation for the "comfort" of the polluted urban habitat and its stressful pace of life [3]. The development and progress of modern life have worn out the environment and acted with negative impacts through the conventional tourism model. With nature tourism comes ecotourism, which contributes to the conservation of the environment and its people and, although there is no shared definition, at least there is agreement on four basic ideas: 1) travel to pristine natural environments, 2) internalize the experience obtained in pure natural environments and in contact with local people, 3) promote the conservation of natural resources, and 4) educate in environmental and cultural values of the places visited [4,5]. The ecotourist is a traveler who enjoys his leisure time with a sense of ethics that motivates him to participate in rehabilitation works in degraded places, and helps in tasks for the development of local populations [6].

The problem of landscape in general and its role in tourism in particular has been the object of scientific concern especially since the 1960s [7]. The intervention of geography in its different phases of disciplinary development and, in general, the so-called earth sciences or environmental sciences, have incorporated in their development important contributions to their conceptualization and approach methodologies [8]. The same is true of the contributions of urban planning, landscape architecture, ecology, environmental sciences – in general – sociology and phenomenological psychology, among others [9]. However, and despite these contributions, there are still difficulties of understanding and intervention, given the complexity and conceptual, methodological and technical diversity it has acquired from its increasingly holistic consideration, the overcoming of its almost exclusive treatment as a mere aesthetic-visual-perceptual experience as an artistic phenomenon, and the growing need for a more open and convergent participation in terms of disciplines and actors at the time of its evaluation and intervention [10].

In tourism studies, landscape should be considered more often as a tourism resource. The landscape is certainly a much more valuable resource than other tourism resources when it comes to consolidating a given tourism offer (Figure 1). It is, however, a more delicate resource than the others, because it is somewhat fragile and difficult to manage and because its recovery once degraded is very costly, if not impossible [1]. Although more delicate, the landscape is certainly a much more valuable resource than other tourism resources when it comes to consolidating a particular tourism offer. This is so because, ultimately, landscape is a consubstantial element of the tourism phenomenon. Landscape and tourism are, therefore, two closely related realities.



(a)



(b)



(c)

Figure 1. Landscapes; a) Natural landscape – San Rafael waterfall (Ecuador), nowadays disappeared possibly by anthropic actions. b) Urban landscape – Eiffel Tower (France), one of the most famous urban landscapes in the world. c) Rural landscape – Punta Gallinas (Colombia), the northernmost urban area in South America.

In this context of scientific and technical evolution, it is possible to note that the holistic and increasingly responsible understanding of development in terms of sustainability, habitability, and ecological balance also implies positioning the entity of landscape in the context of development, of tourism production in particular, and even more so in the context of planning and management of development in general and of sustainable tourism development in particular. In this sense, the present study aimed to describe the evolution of the concept of landscape, to analyze the relationship between tourism and landscape, and to understand the valorization and stereotypes of landscape. In order to respond to these objectives, a simple bibliographic review was carried out in high impact databases such as Scopus and Web of Science; this search was complemented in regional databases in Spanish such as Scielo and Redalyc.

2. The concept of landscape

Initially, it is useful to recall the meaning commonly given to the term landscape. They are not usually very academic definitions, but they are interesting, since they recall the colloquial and everyday origin and use of the words, to which it is sometimes convenient to resort. One of the definitions of landscape given by a dictionary is "Extent of countryside seen from a site", "The countryside considered as a spectacle", "Painting representing an extension of countryside" [11]. Landscape is here conceived as the visible and perceptible aspect of space. It is interesting to note that all these definitions imply the existence of an observer, of someone who contemplates and analyzes this

portion of space from a given point of view. This observer will be, in our case, the tourist [11]. Landscape is here conceived as the visible and perceptible aspect of space. It is interesting to note that all these definitions imply the existence of an observer, of someone who contemplates and analyzes this portion of space from a given point of view. This observer will be, in our case, the tourist.

In everyday usage of the term, landscape usually designates a spatial unit that exists as real and independent of an observer. In scientific disciplines such as geography, the term landscape was increasingly rejected because of theoretical deficits and its ambiguity, although it never completely ceased to be used [12,13]. Since the 1990s, the concept of landscape has increasingly made its way into human geographic research using socio-constructivist approaches. These socio-constructivist perspectives experienced their heyday in the course of the cultural turn, a major shift towards constructivist approaches in geography in general. This approach was ideal in tourism, as the process of construction constantly occurs before, during, and after the trip [14,15]. Landscape is a "way" of looking at a space and depends on the attributions of meaning that people negotiate in social interaction. When confronting a person with secondary information such as tourist advertising or other forms of communication about landscapes (e.g., movies, social networks), stereotypical landscapes, so-called landscape stereotypes, emerge. They guide our ideas of spaces, which deviate from our native landscape [16,17]. However, these are not images of the world, but representations of the spaces we know.

Landscape can be subdivided into four dimensions: social landscape (knowledge and ideas about landscape existing in society), individually actualized social landscape (individual knowledge and ideas about landscape), external space (objects of physical space) and appropriate physical landscape (objects of external space that are used to construct the landscape) [16,18].

On the other hand, the habitability of the landscape is the condition that supports the responsible articulation of the objectives of quality of the tourist experience (social welfare) and ecological balance. While sustainability is the condition that sustains the responsible articulation of the objectives of development of the tourism product system (production) and ecological balance [2,6]. Likewise, the availability and accessibility of the landscape is the condition that sustains the responsible articulation of the objectives of development of the tourism production system (production) and quality of stay and tourist experience of tourists, recreationists and residents [19,20]. In this sense it is possible to interpolate the objectives and conditions expressed in the generic conceptual map of sustainable development, applicable to the conception of any responsible intervention of the territorial scenario and with the conceptual map of sustainable development of tourism. Integrated system in the articulation of the social, socio-cultural, economic-productive, and environmental dimensions that also integrate its holistic conception [21-24].

A similar conception can be transposed to a holistic and sustainable conception of the development of a system of sustainable tourism products included in product

marketing [25,26]. Thus, it is possible to conceive a sustainable product development, where the landscape in tourist function forms a holistic entity that transcends the excluding physical–environmental and aesthetic–perceptual–artistic uni–dimensionality to include the socio–cultural and socio–economic dimensions. Thus, the landscape as a tourist function forms a macro–product or system of tourist products operable in the market that transcends the mere consideration of one more resource [2,27]. In this way, the landscape as a tourist function forms a disciplinary corpus that transcends the directionality of a particular discipline, without prejudice to understanding the historical influence that geography and urbanism exerted on its conception.

It is significant to note that the definitions of the term landscape clearly respond to the idea of landscape that began to develop in Western European culture from the beginning of the 15th century [28,29]. Landscape relates to the artistic–pictorial representation of the visible world. Landscape indicates the scenic beauty seen by the viewer. The influence of this conception of landscape on our current conception of landscape is enormous. In our everyday language, the words' "view", "panorama", "panoramic" and "landscape" are used interchangeably. It is as if the landscape could not exist without someone contemplating it [8,15]. Landscape is, therefore, a concept enormously impregnated with cultural and even ideological connotations. Landscape is not only the world as it is, but it is also, a construction, a composition of this world. Landscape is a way of seeing the world.

The definition of landscape as simply the visible and perceptible aspect of space is interesting, but perhaps excessively generic. More specifically – and considering that we live in an extremely humanized world – the landscape should also be defined as the final and perceptible result of the dynamic combination of abiotic, biotic and anthropic elements, a combination that makes the whole unique and in continuous evolution [8,30]. In western latitudes the term landscape includes, necessarily, the anthropic factor: our landscape is, to a large extent, a cultural landscape. "Landscape" and "natural landscape" are not, therefore, two synonymous expressions, even though, often, when we speak of landscape, we tend to think exclusively of natural or, at least, non–urban landscapes. The expression "natural landscape" presupposes the existence of landscapes in which the action of man is null or insignificant: relief, climate and vegetation would be its only elements [28,31]. It is often forgotten that this type of landscape is practically non–existent in the Old Continent and less and less frequent in the rest of the world. The few truly natural landscapes existing today in Europe are limited to small marginal areas, which, because of their special characteristics, have not been or have been little inhabited and exploited by human societies [2,31].

The confusion between natural landscape is at the basis of the almost total bewilderment in which the treatment of landscape is found in this and other countries. It may have been more or less difficult and conflictive to achieve the protection of those landscapes in which human intervention has been null or minimal, but the fact is that they are being protected. In fact, this is where most of the efforts of the European and North American conservation movement have been directed over the last century [32,33].

Society and public authorities are fully aware of the unavoidable need to preserve these small areas of exceptional natural interest for the future, which has been translated into appropriate legislation. Contrary to or perhaps precisely as a result of this conservationist philosophy, there is no agreement, neither implicitly nor explicitly, on how to treat the rest of the territory from a landscape point of view. There is, in short, no real "landscape consciousness", which translates into an adequate body of legislation. This is the crux of the matter.

If we recognize this intense anthropic action on the landscape and if we accept the intrinsic cultural value of this concept, it will probably be easier for us to approach the issue of the relationship between tourism and landscape correctly.

3. Relationship between tourism and landscape

When opening a debate on the relationship between tourism and landscape, it is necessary to pay attention, albeit briefly, to the conceptual framework in which nature tourism and landscape develop [34]. No consensus has been reached on the definition of tourism. Partly because it has implications of different nature (socioeconomic, socio-cultural, territorial and anthropological). Also because it is subject to internal changes (in its organizational structure, and in its capacity to generate product) and demand (increasingly flexible and changing) [35]. The processes of transformation have generated a more specialized and intensive tourism, which has an unquestionable impact on the space in which it is produced, and which has led to new developments and perceptions of tourist destinations. But this tourism changes and generates an imprecise relationship between leisure and tourism, which is subject to pernicious effects due to the problems derived from congestion and in which new destinations and products are incorporated [34,36].

The concepts of tourism, nature tourism and landscape lend themselves to interpretation and are subject to in-depth debate. There is agreement in assuming that, from the territorial point of view, tourism is developed in rural and natural landscapes. These natural activities (because there are several modalities involved and developed in this area) are associated with specific types of accommodation, with a demand with specific characteristics, and with certain types of products. This reality leads us to pay attention to one of the essential parts of the process: the territorial tourism resources in the natural environment, and in particular the role played by the landscape [37]. Three fundamental elements come together in the process of building nature tourism: facilities, resources and demand. In the case of resources, which are the raw material that feeds the tourism system, the landscape plays an undisputed leading role. There is a close communion, with marked interdependencies, between natural tourism and the landscape [1,38]. The reasons that justify this last statement can be explained by the fact that within nature tourism, the main motivations of demand are associated with the enjoyment of the environment in the different modalities: ecological tourism (active enjoyment of nature), green tourism (tourist and sports activities in the natural environment), agro-tourism, sports tourism, health tourism, rural-cultural tourism [37]. All of them have in common that the motive of attraction or the territorial support in which they are developed

are the natural landscapes, which become not only the setting but also the main object of consumption.

It is therefore important to make some notes on the very geographical concept of landscape. The term has a double component: the natural and the social [39]. A body of theory has emerged that has focused attention on objective aspects of landscape, understood as spatial units associated with the physical structure of the territory, on which anthropic action has been leaving a secular imprint. But alongside objective definition proposals, others have appeared in which subjective values are dominant, associated in this case with meanings, representations, qualities and values, which in this case are expressed through feelings of identity about these territories [40]. These dimensions, the natural and the cultural, are closely linked, they are a consequence of the joint action of nature and human action, resulting in aesthetic, natural and ecological, productive, historical, social, spiritual and mythological, symbolic and identity values.

These aspects relate it to the possibilities of exploitation of rural spaces, where the landscape becomes a resource, an element of consumption, but also a territorial potential and an important asset for rural tourism. Some landscapes, which are the result of agricultural or forestry activities, become increasingly valuable, and their social value increases [14,41]. Sometimes they are charming natural landscapes that are a must-see and have the capacity to give a social identity to those who visit them. At other times they are simply invisible landscapes of history, of memory, of the past, which are on the border between yesterday and today, and which acquire prominence for some recreational and tourist functions and activities. Sometimes for the simple real or symbolic value of the landscape. In other cases because they are accompanied by programmed traditional cultural events [14,42].

Most of the actions aimed at correcting and conserving the landscape have been concentrated in protected areas, which are assumed to have a high environmental and natural value. In recent years, there have been documents and laws worldwide in which the landscape has taken on a leading role. This means giving some of them the status of heritage, because of the value assumed and shared by the community and because of the strong cultural component [43,44]. But it is also true that a massive approach to nature implies transferring to these territories part of the conflicts and problems of the post-industrial and consumerist society.

The landscape has become a territorial potential, and therefore an undisputed asset for rural tourism. It is becoming increasingly valuable because there is growing interest in the use of quality rural and natural landscapes (which are the result of pre-tourist activities) to which a significant social price is assigned. Visitors and tourists perceive the rural world with greater complexity, overcoming the traditional identification of the rural economy, where the role of providing agricultural products is now complemented by that of providing environmental, landscape and cultural goods. For this reason, there is a growing awareness of the need to enhance the value of the landscape and encourage responsible social use.

4. Valorization and stereotypes of the landscape

Landscape is undoubtedly an argument for economic and tourist development and promotion [45,46]. At a time when the question of landscape is opposed to development and preservation in the major issues of land-use planning (wind projects, sustainable development, etc.), what is its importance? What value do we place on it? An approach is necessary to better understand landscapes, the specificities that characterize them and the possibilities they generate in terms of sustainable local and regional development [47,48]. A clear example of the importance, value and interest in landscape led the Council of Europe to approve the European Landscape Convention (2000) more than a decade ago [8,49]. The definition provided by this Convention indicates that "landscape shall mean any part of the territory as perceived by the population, the character of which is the result of the action and interaction of natural and human factors", and its importance lies in the fact that it contributes to the formation of local cultures, is considered an important element in the quality of life of populations, is a source of economic resources, and is subject to profound changes associated with abandonment or new uses [49,50].

The central concern of the landscape initiative, to strengthen the separation of the construction area from the non-construction area, is fundamental for tourism [36,49]. Because with the protection of the no-build area, the most valuable resource for tourism, the beautiful landscapes, is protected. The natural value is increased, the construction culture is preserved. The landscape initiative thus contributes to the qualitative development and protection of typical landscapes, especially in pristine areas. In other words, tourism benefits from pristine natural and cultural landscapes.

Intervening to improve the quality of landscapes takes time and is a major challenge in a context where the pace of awareness is slower than that of the development and evolution of landscape valuation and management practices. Basic phases (Table 1) have been identified to safeguard landscape values [48,51]. Being an important issue of sustainable development that involves so many actions of preservation, enhancement, management and development of the territory in relation to the values and concerns of the communities. Not being the preserve of any profession, the landscape should be the subject of consultation and be built on the basis of a collective agreement.

Table 1. Phases to safeguard the value of tourism.

Phases	Description
Reconnaissance	Public recognition of landscape issues, inseparable from the education and awareness of local populations and stakeholders.
Landscape diagnosis	To take a multiple view (identity, historical, economic, visual, social, political, utilitarian, etc.) that requires various skills, to determine the characteristics and potential of a territory in order to make an overall assessment of the possibilities and limitations.
Project statement	Statement of the public landscape project – to determine in a concerted manner the objectives to be achieved in terms of

	preservation, valorization, management and development of the territories; it must translate a common vision of all stakeholders (population, local and regional authorities, other actors concerned by landscape policies).
Action and implementation frameworks	Legislative and regulatory tools, promotional tools (dissemination, awareness-raising, recognition, etc.), projects (landscape charters, conferences, competitions, support measures for local initiatives).
Monitoring and auditing	Taking into account the evolution of the physical-spatial characteristics, evaluating the coherence and relevance of policies, programs, public tools and interventions, and the adequacy of the objectives.

If the phases and their actions are complied with, it will often allow to generate important economic benefits, understanding that the landscape is composed of a mosaic of elements, and its analysis cannot be limited only to the visual aspect, but to the whole territory [49,50]. Considering that worldwide it is possible to find diverse attractive landscapes, cultural-historical and natural. Proper management of landscapes has been shown to promote health, physical, psychological and social well-being. An intact landscape also has important economic effects. Thus, they are a prerequisite for enhancing tourism [52,53].

Landscape theory addresses the importance of landscape in tourism and explains how tour operators reproduce landscape ideas to influence the individually actualized social landscape of potential customers [54,55]. This happens from a commercial logic, because landscape stereotypes shape mental imaginary geographies, i.e., internal ideas of destinations, and consequently influence the choice of travel destinations [56,57]. Landscape stereotypes initially anticipate the image of a destination and intermingle with individual projections in the form of fantasies and desires, which arise as superfluous needs in everyday life. In addition to the reception of tourism advertising, the consumption of films, television, literature, magazines, paintings, photographs or visual arts also contributes significantly to the emergence of mental imaginary geographies [58–60]. Another source of mental imaginary geographies is the accounts of friends and acquaintances who have been to a given tourist space before a potential traveler.

Stereotypical representations of landscapes in particular can be used strategically for tourism marketing [58], as they allow tourism providers to position complex structures such as regions as products, easily condensed into a comprehensible statement. On the other hand, landscapes are broken down by reductions to make them tangible for tourists [61]. Because the more complex tourism marketing becomes, the greater the risk of sensory overload, from which the tourist wants to escape with his trip.

It is necessary to keep in mind that nature tourism worldwide is mostly based on a demand of national origin, heterogeneous in its composition and mainly of urban origin. It is associated with weekend trips, long holidays, residential vacations or stays with family and friends [62]. The main attractions are associated with the growing interest in nature and rural areas for leisure, or the existence of personal and emotional relationships

between the tourist and the destination [63]. In short, it is the tourist guided by the approach to nature and rural life, who is sensitive to the environment or is fond of outdoor activities. This justifies the growing attention for the landscape, as it is becoming an object of desire on the part of users (tourists or visitors), and in the actions of the administration, which tries to enhance its value for tourist use [52,64]. These two realities, on the one hand, the growing interest of tourists in nature tourism and especially in the landscape, and on the other hand, the actions of different tourism stakeholders to promote the use of areas of outstanding environmental or landscape value, have prompted to pay attention to the preferences of tourists and to the actions to be able to use natural spaces and landscapes in a particular territory.

5. Challenges

It is important for the actors of nature tourism in an area or jurisdiction to situate conceptually the entity of the landscape in its univocal relationship with the conception of habitat, environment and place, as well as its entity as a resource susceptible of becoming a tourist product, and its implications in the integrated conception of sustainable tourism development. As well as to establish the need for multidisciplinary consideration in its conceptual and technical approach. On the other hand, it is also essential to focus efforts to establish the need for its central consideration in the approach to the planning of the enhancement and sustainable tourism development and to establish the need to understand the economic valuation of the landscape and its contribution to the valuation of the resources that integrate it in a holistic conception of its entity as a tourism macro-product.

The entire tourism sector is directly involved in the environmental, socio-cultural and economic problem. But not all the actions of transformation and introduction of activities produce negative impacts, since tourism, in many areas, has contributed in an important way to the conservation of biodiversity. For poor local communities, nature tourism represents a fundamental way out of the limited possibilities in their way of life, and favors the maintenance and escape from the circle of poverty. It is also essential to manage and protect the world's ecosystems and their landscapes so that they do not fall prey to anthropogenic pressures. It is here where the actors directly and indirectly related to nature tourism should focus their efforts on promoting sustainable environmental education to conserve the different landscapes in the natural environment.

In the era of globalization, tourism is breaking away from its traditional circuits. In Latin America, Africa and Asia, some small rural communities face a challenge: to seize the opportunity to improve their living conditions without damaging their heritage. While in Europe, efforts are focused on enhancing the most urbanized landscapes and preserving the few sites that have not been affected in areas of difficult access and enhancing seasonal tourism. However, the issue of tourism development in the different regions of the world continues to be an important topic of analysis and is one of the declared objectives of national and local governments that are committed to maintaining a balance between the environmental, social and economic aspects.

6. Conclusions

Worldwide, the image most frequently used to publicize or promote any of the segments of tourism is precisely its landscape. Hence the importance of having landscapes of a certain quality, and knowing how to manage them in a rational way, as they are very fragile natural resources. If we take as a reference that any recovery process, once degraded, is costly and, in more complex cases, impossible to achieve. At present, the management of landscape concerns is still more the fruit of local and specific initiatives than the result of a global and integrated framework on the part of governments, despite the explicit recognition of the importance of landscape in some policies and laws worldwide.

Landscape and tourism are undoubtedly two closely related realities, although their harmonious balance is often difficult to achieve. Paradoxically, being the landscape a fundamental value in any tourist offers, we find that tourism is today one of the most important causes of its degradation. Public and private tourism promoters do not seem – or do not want – to realize that the landscape is a much more fragile and delicate tourist resource than other tourist resources and that its destruction is detrimental, in the short or long term, to the economic profitability of the tourist settlement itself. It must be admitted that, worldwide, the impact of mass tourism on the landscape has been negative and has affected both natural and humanized landscapes. In both cases, their optimal state of equilibrium has been destroyed, either the "climax", in the first case, or what we have called "anthropoclimax", in the second case.

List of abbreviations: Not applicable

Availability of data and materials: The datasets used and/or analysed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

Competing interests: The authors declare that they have no competing interests.

Funding: This research was funded by Instituto Tecnológico Superior Oriente (Grant No. 34323674).

Authors' Contributions: The authors participated in all sections of the document.

Acknowledgments: The authors are grateful for the financial support of GREEN AMAZON ECUADOR, Instituto Superior Tecnológico Universitario Oriente (ITSO) and Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). As lead author C., M-R, I thank the Doctoral School of the University of Seville and Professor José Luis Jiménez Caballero for allowing me to pursue a doctoral program and for his guidance, respectively.

Referencias

1. Kelly, A.S.; Lu, X. Chinese Mass Nature Tourism and Ecotourism BT – Critical Landscape Planning during the Belt and Road Initiative. In: Kelly, A.S., Lu, X., Eds.; Springer Singapore: Singapore, 2021; pp. 159–192 ISBN 978–981–16–4067–4.
2. Romão, J. Nature, Tourism, Growth, Resilience and Sustainable Development BT – Mediterranean Protected Areas in the Era of Overtourism: Challenges and Solutions. In: Mandić, A., Petrić, L., Eds.; Springer International Publishing: Cham, 2021; pp. 297–310 ISBN 978–3–030–69193–6.
3. Carvache-Franco, M.; Segarra-Oña, M.; Carrascosa-López, C. Segmentation and motivations in eco-tourism: The case of a coastal national park. *Ocean Coast. Manag.* **2019**, *178*, 104812, doi:<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.05.014>.

4. Honey, M.; Krantz, D. *Global trends in coastal tourism*; Center on Ecotourism and Sustainable Development, 2007;
5. Canteiro, M.; Córdova-Tapia, F.; Brazeiro, A. Tourism impact assessment: A tool to evaluate the environmental impacts of touristic activities in Natural Protected Areas. *Tour. Manag. Perspect.* **2018**, *28*, 220–227, doi:https://doi.org/10.1016/j.tmp.2018.09.007.
6. Zhou, W.; Zheng, B.; Zhang, Z.; Song, Z.; Duan, W. The role of eco-tourism in ecological conservation in giant panda nature reserve. *J. Environ. Manage.* **2021**, *295*, 113077, doi:https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113077.
7. Zoppi, C. Ecosystem Services, Green Infrastructure and Spatial Planning. *Sustain.* **2020**, *12*.
8. Caamaño-Franco, I.; Suárez, M.A. The Value Assessment and Planning of Industrial Mining Heritage as a Tourism Attraction: The Case of Las Médulas Cultural Space. *L.* **2020**, *9*.
9. Hall, C.M. Constructing sustainable tourism development: The 2030 agenda and the managerial ecology of sustainable tourism. *J. Sustain. Tour.* **2019**, *27*, 1044–1060, doi:10.1080/09669582.2018.1560456.
10. Mooser, A.; Anfuso, G.; Mestanza, C.; Williams, A.T. Management implications for the most attractive scenic sites along the Andalusia coast (SW Spain). *Sustain.* **2018**, *10*, doi:10.3390/su10051328.
11. Fines, K.D. Landscape evaluation—A research project in East Sussex: Rejoinder to critique by D. M. Brancher. *Reg. Stud.* **1969**, *3*, 219, doi:10.1080/09595236900185221.
12. Silva, C.P. da Landscape perception and coastal management: A methodology to encourage public participation. *J. Coast. Res.* **2006**, 930–934.
13. Blondel, J. The “design” of Mediterranean landscapes: A millennial story of humans and ecological systems during the historic period. *Hum. Ecol.* **2006**, *34*, 713–729, doi:10.1007/s10745-006-9030-4.
14. Cucari, N.; Wankowicz, E.; Esposito De Falco, S. Rural tourism and Albergo Diffuso: A case study for sustainable land-use planning. *Land use policy* **2019**, *82*, 105–119, doi:https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.11.050.
15. Miles, S. *The Western Front: Landscape, Tourism and Heritage*; Pen and Sword, 2017; ISBN 1473833760.
16. Smith, M.; Ram, Y. Tourism, landscapes and cultural ecosystem services: A new research tool. *Tour. Recreat. Res.* **2017**, *42*, 113–119.
17. DeAngelis, M.B.; Sutton-Grier, E.A.; Colden, A.; Arkema, K.K.; Baillie, J.C.; Bennett, O.R.; Benoit, J.; Blitch, S.; Chatwin, A.; Dausman, A.; et al. Social Factors Key to Landscape-Scale Coastal Restoration: Lessons Learned from Three U.S. Case Studies. *Sustain.* **2020**, *12*.
18. Rahman, N. V; Ginting, N.; Subhilhar; Narisa, N.; IOP Planning a tourism landscape in geosite area: Sipiso-piso waterfall. *FRIENDLY CITY 4 FROM Res. TO Implement. BETTER Sustain.* **2018**, *126*.
19. Melián Alzola, L.; Fernández Monroy, M.; Hidalgo Peñate, M. El Sector Turístico en Contextos de Crisis: Análisis de Situaciones de Riesgo e Implicaciones Directivas para el Sector Hotelero en Canarias. *Universia Bus. Rev.* **2015**, 110–129.
20. Farina, A. *Ecología del Paisaje*; Publicacions Universitat Alacant: Alicante, UNKNOWN, 2016; ISBN 9788497175371.
21. Aguilar, A.; Muñoz, A.P.; Ortiz, J.S.A. El turismo y la transformación del paisaje natural. *Noésis Rev. Ciencias Soc. y Humanidades* **2015**, *24*, 19–20.
22. Abata, G. Deforestación en la Amazonía ecuatoriana. *Green World J.* **2018**, *1*, 1, doi:https://www.greenworldjournal.com/doi-005-ga-2018.
23. Toledo Villacís, M.; Castillo Bravo, B.; Proaño Lucero, G. Importance of technology and multimedia elements in tourism. *Green World J.* **2022**, *5*, 024, doi:10.53313/gwj52024.
24. Del-Castillo, S.; Aldaz-Hernandez, A. Análisis del índice de competitividad para Ecuador según el Foro Económico Mundial. *Green World J.* **2021**, *4*, 16, doi:10.53313/gwj42026.
25. Lara Váscquez, R.S.; Ramos Parra, G.F.; Quinchuela Pozo, F.M. Producto turístico cultural en Riobamba provincia de Chimborazo-Ecuador. *Green World J.* **2022**, *5*, 005,

- doi:10.53313/gwj51005.
26. Rocha, F.; Ferreira da Silva, E. Geotourism, Medical Geology and local development: Cape Verde case study. *J. African Earth Sci.* **2014**, *99*, 735–742, doi:https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2014.04.015.
 27. Zagarkhorloo, U.; Heijman, W.; Dries, L.; Batjargal, B. Managing Herder–Community–Based Tourism: An Institutional Framework for an Integrated Social–Ecological System. *Sustain.* **2021**, *13*.
 28. Shao, Y.; Huang, S. (Sam); Wang, Y.; Li, Z.; Luo, M. Evolution of international tourist flows from 1995 to 2018: A network analysis perspective. *Tour. Manag. Perspect.* **2020**, *36*, 100752, doi:https://doi.org/10.1016/j.tmp.2020.100752.
 29. Ketter, E. Millennial travel: tourism micro-trends of European Generation Y. *J. Tour. Futur.* **2021**, *7*, 192–196, doi:10.1108/JTF-10-2019-0106.
 30. Rural Tourism BT – Landscape Amenities: Economic Assessment of Agricultural Landscapes. In: Vanslembrouck, I., van Huylenbroeck, G., Eds.; Springer Netherlands: Dordrecht, 2005; pp. 59–68 ISBN 978-1-4020-3172-4.
 31. Richards, G. The development of cultural tourism in Europe. In *Cultural attractions and European tourism*; Cabi Publishing Wallingford UK, 2001; pp. 3–29.
 32. Gilbert, D.C.; Van De Weerd, M. The health care tourism product in Western Europe. *Tour. Rev.* **1991**.
 33. UK, E.I.U. The market for cultural tourism in Europe. *Travel Tour. Anal.* **1993**, 30–46.
 34. Jennings, S. Landscape sensitivity and tourism development. *J. Sustain. Tour.* **2004**, *12*, 271–288.
 35. Meneghello, S. The tourism–landscape nexus: Assessment and insights from a bibliographic analysis. *Land* **2021**, *10*, 417.
 36. Jiménez-García, M.; Ruiz-Chico, J.; Peña-Sánchez, A.R. Landscape and tourism: Evolution of research topics. *Land* **2020**, *9*, 488.
 37. Terkenli, T.S. Landscapes of tourism. *Wiley Blackwell companion to Tour.* **2014**, 282–293.
 38. Mestanza-Ramón, C.; Lara-Váscones, R.; Mora-Silva, D.; Milanes, C.B.; Saeteros-Hernández, A.; Sanchez-Capa, M.; Cunalata-Garcia, A. Charapa Turtles (*Podocnemis unifilis*), an Opportunity to Improve Community Tourism and Contribute to Their Conservation in Yasuní National Park, Ecuador. *Sustain.* **2022**, *14*.
 39. Lee, K.-C.; Karimova, P.G. From Cultural Landscape to Aspiring Geopark: 15 Years of Community-Based Landscape Tourism in Fengnan Village, Hualien County, Taiwan (2006–2021). *Geosci.* **2021**, *11*.
 40. Mendoza-González, G.; Martínez, L.M.; Guevara, R.; Pérez-Maqueo, O.; Garza-Lagler, C.M.; Howard, A. Towards a Sustainable Sun, Sea, and Sand Tourism: The Value of Ocean View and Proximity to the Coast. *Sustain.* **2018**, *10*.
 41. Terkenli, T.S. Tourism and landscape. *A companion to Tour.* **2004**, *5*, 339.
 42. Kondo, M.C.; Rivera, R.; Rullman, S. Protecting the idyll but not the environment: Second homes, amenity migration and rural exclusion in Washington State. *Landsc. Urban Plan.* **2012**, *106*, 174–182, doi:10.1016/j.landurbplan.2012.03.003.
 43. Barragán Muñoz, J.M.; Dadon, J.R.; Matteucci, S.D.; Morello, J.H.; Baxendale, C.; Rodríguez, A. Preliminary basis for an integrated management program for the coastal zone of Argentina. *Coast. Manag.* **2003**, *31*, 55–77, doi:10.1080/08920750390168309.
 44. Gavilanes Montoya, A.; Castillo Vizuete, D.; Esparza Parra, F.; Chávez Velásquez, R.; Muñoz Jácome, E.; Quinchuela Pozo, F.; Román Santamaría, G. Current situation of tourism in Ecuador: challenges and opportunities. *Green World J.* **2020**, *3*, 11, doi:https://www.greenworldjournal.com/doi-030-gwj-2020.
 45. Barlybaev, A.A.; Akhmetov, V.Y.; Nasyrov, G.M. Tourism as a factor of rural economy diversification. *Stud. Russ. Econ. Dev.* **2009**, *20*, 639, doi:10.1134/S1075700709060094.
 46. Nachite, D.; Maziane, F.; Anfuso, G.; Williams, A.T. Spatial and temporal variations of litter at the Mediterranean beaches of Morocco mainly due to beach users. *Ocean Coast. Manag.* **2019**, *179*, 104846, doi:https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104846.

47. Cabiddu, F.; Lui, T.-W.; Piccoli, G. Managing value co-creation in the tourism industry. *Ann. Tour. Res.* **2013**, *42*, 86–107.
48. Williams, P.; Soutar, G.N. Dimensions of customer value and the tourism experience: An exploratory study. In Proceedings of the Australian and New Zealand Marketing Academy Conference; 2000; Vol. 28, pp. 1415–1421.
49. Sanchez, J.; Callarisa, L.; Rodriguez, R.M.; Moliner, M.A. Perceived value of the purchase of a tourism product. *Tour. Manag.* **2006**, *27*, 394–409.
50. Rylance, A.; Spenceley, A. Reducing economic leakages from tourism: A value chain assessment of the tourism industry in Kasane, Botswana. *Dev. South. Afr.* **2017**, *34*, 295–313.
51. Cegielski, M.; Janeczko, B.; Mules, T.; Wells, J. The Economic Value of Tourism to Places of Cultural Heritage Significance. *Unpubl. Rep. to Aust. Herit. Comm. Canberra* **2001**.
52. UNWTO Tourism Definitions | Définitions du tourisme de l'OMT | Definiciones de turismo de la OMT. *UNWTO Tour. Defin. / Définitions du Tour. l'OMT / Defin. Tur. la OMT* **2019**, doi:10.18111/9789284420858.
53. Liu, J.; Liu, N.; Zhang, Y.; Qu, Z.; Yu, J. Evaluation of the non-use value of beach tourism resources: A case study of Qingdao coastal scenic area, China. *Ocean Coast. Manag.* **2019**, *168*, 63–71, doi:https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.10.030.
54. Valdez Quinte, S.X.; Segura Chávez, E.O.; Cabanilla Vásquez, E.A.; Ruiz Mármol, E.E. Elements of the value chain that affect the development of tourism activities in Yasuní National Park. *Green World J.* **2021**, *4*, 005, doi:v4-n1-005-gwj-2021.
55. Nyheim, P.; Xu, S.; Zhang, L.; Mattila, A.S. Predictors of avoidance towards personalization of restaurant smartphone advertising. *J. Hosp. Tour. Technol.* **2015**, *6*, 145–159, doi:10.1108/JHTT-07-2014-0026.
56. Paunović, I.; Dressler, M.; Mamula Nikolić, T.; Popović Pantić, S. Developing a Competitive and Sustainable Destination of the Future: Clusters and Predictors of Successful National-Level Destination Governance across Destination Life-Cycle. *Sustain.* **2020**, *12*.
57. Kim, E.-J.; Kim, Y.; Jang, S.; Kim, D.-K. Tourists' preference on the combination of travel modes under Mobility-as-a-Service environment. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* **2021**, *150*, 236–255, doi:https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.06.016.
58. Ingram, C.; Themistocleous, C.; Rickly, J.M.; McCabe, S. Marketing 'Literary England' beyond the special interest tourist. *Ann. Tour. Res. Empir. Insights* **2021**, *2*, 100018, doi:https://doi.org/10.1016/j.annale.2021.100018.
59. Tsai, C.T.S. Memorable Tourist Experiences and Place Attachment When Consuming Local Food. *Int. J. Tour. Res.* **2016**, *18*, 536–548, doi:10.1002/jtr.2070.
60. Prebensen, N.; Skallerud, K.; Chen, J.S. Tourist Motivation with Sun and Sand Destinations: Satisfaction and the Wom-Effect. *J. Travel Tour. Mark.* **2010**, *27*, 858–873, doi:10.1080/10548408.2010.527253.
61. Becker, E. *Overbooked: The exploding business of travel and tourism*; Simon and Schuster, 2016; ISBN 1439161003.
62. Škare, M.; Soriano, D.R.; Porada-Rochoń, M. Impact of COVID-19 on the travel and tourism industry. *Technol. Forecast. Soc. Change* **2021**, *163*, 120469, doi:https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120469.
63. Ousby, I. *The Englishman's England: Taste, travel and the rise of tourism*; Cambridge University Press Cambridge, 1990; ISBN 0521373743.
64. Janowski, I.; Gardiner, S.; Kwek, A. Dimensions of adventure tourism. *Tour. Manag. Perspect.* **2021**, *37*, 100776, doi:https://doi.org/10.1016/j.tmp.2020.100776.



© 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>