



Green World Journal

ISSN: 2737-6109

Circular Economy and Environment



Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / Cefmñs Eenatil

ISSN: 2737-6109

RESEARCH ARTICLE

Control fuzzy de temperatura para un horno industrial con internet industrial de las cosas IIoT

Guillermo Raúl Tumalli Naranjo ^{1*}  Byron Xavier Lima Cedillo ¹ 

¹ Universidad Estatal Península de Santa Elena, Maestría en Electrónica y Automatización, Santa Elena, Ecuador

✉ Correspondencia: guillermo.tumallinaranjo1443@upse.edu.ec  + 593995247492

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj73175>

Resumen: El control preciso de la temperatura en los hornos utilizados en procesos industriales es crítico para garantizar la calidad y eficiencia en la producción. Sin embargo, muchas industrias carecen de herramientas adecuadas para lograr un control óptimo, lo que puede afectar el rendimiento de los procesos. Este trabajo, se propone el desarrollo de un prototipo de control de temperatura para un horno industrial basado en la lógica Fuzzy (Fuzzy Logic) y el Internet Industrial de las Cosas (IIoT). El sistema utiliza un sensor de temperatura PT100, que convierte una señal analógica en un rango de 0°C a 450°C a una señal de 4-20 mA, compatible con un PLC. Dependiendo de la temperatura, el sistema controla una válvula proporcional cuando está por debajo del set point y un ventilador cuando está por encima, gestionando el proceso mediante una aplicación móvil. El prototipo demostró ser más eficiente que los sistemas tradicionales, mejorando el control de temperatura y, en consecuencia, optimizando la producción. Además, se comprobó la adaptabilidad del sistema a diferentes entornos industriales al ajustar el tipo de sensor para alcanzar valores de temperatura más elevados, como los 1200°C necesarios en la producción de Clinker para cemento. Por lo tanto, con el uso de lógica Fuzzy e IIoT en el control de temperatura industrial ha permitido alcanzar una mayor eficiencia operativa y flexibilidad en distintos procesos productivos, lo que contribuye a mejorar la calidad y el rendimiento general en la industria.

Palabras claves: Temperatura, Prototipo, Control Fuzzy, IIoT, Set Point.

Fuzzy temperature control for an industrial oven with industrial internet of things IIoT

Abstract: Precise temperature control in ovens used in industrial processes is critical to guarantee quality and efficiency in production. However, many industries lack adequate tools to achieve optimal control, which can affect process performance. This work proposes the development of a temperature control prototype for an industrial oven based on fuzzy logic and the Industrial Internet of Things (IIoT). The system uses a PT100 temperature sensor, which converts an analog signal in a range of 0°C to 450°C to a 4-20 mA signal, compatible with a PLC. Depending on the temperature, the system controls a proportional valve when it is below the set point and a fan when it is above, managing the process through a mobile application. The prototype proved to be



Cita: Tumalli Naranjo, G. R., & Lima Cedillo, B. X. (2024). Control fuzzy de temperatura para un horno industrial con internet industrial de las cosas IIoT. Green World Journal, 07(03), 175.

<https://doi.org/10.53313/gwj73175>

Received: 25/August/2024

Accepted: 26/September/2024

Published: 28/September/2024

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.



© 2024 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>

more efficient than traditional systems, improving temperature control and, consequently, optimizing production. Furthermore, the adaptability of the system to different industrial environments was verified by adjusting the type of sensor to reach higher temperature values, such as the 1200°C required in the production of Clinker for cement. Therefore, the use of fuzzy logic and IIoT in industrial temperature control has made it possible to achieve greater operational efficiency and flexibility in different production processes, which contributes to improving quality and general performance in the industry.

Keywords: Temperature, Prototype, Fuzzy control, IIoT, Set Point.

1. Introducción

Actualmente en el control de temperatura de un horno industrial, se puede evidenciar el tradicional control manual o PID; que son controles que se han acentuado en la industria por su facilidad de implementación y por la amplia información que existe sobre los mismos. Un control manual permite una activación y desactivación instantánea, pero siempre deben existir la presencia de un operador para que la respuesta sea la adecuada. Por otro lado, utilizar un sistema PID permite un mejor control en base al error que se genera en el sistema y esto permite que se corrija el mismo, generando una mejor respuesta, sin la necesidad de que exista en todo momento la presencia de un operador, y como el objetivo de una planta siempre será mejorar el error del sistema, se deben buscar otras opciones, y una de esas es la lógica Fuzzy [1]. Por lo tanto, la industria al igual que la tecnología debe innovar y buscar otras alternativas para mejorar su productividad; algo que se logra al mejorar la respuesta del sistema, y esa es una ventaja que ofrece la lógica Fuzzy, y que cada vez va tomando más fuerza por su robustez ante el error del sistema y corrección del mismo [2].

Pero no solo mejorar la respuesta del sistema es lo que busca la industria, sino también, busca como enviar los datos que se están generando en tiempo real, y esa es una de las ventajas que ofrece el IIoT; ya que se envían los datos de forma inalámbrica y son accesibles desde cualquier lugar, con tan solo contar con una conexión a internet [3]. Enviar la información de sensores y actuadores de un sistema en funcionamiento, por ejemplo: temperatura, presión, humedad, etc. Es lo que se logra con el IIoT, y que es de gran ayuda al querer controlar cualquier variable y dar un seguimiento al trabajo de una industria [4]. Por ende, combinar lógica Fuzzy con el internet de las cosas, brinda a la industria lo que se busca, como se menciona en [5] por ejemplo, esta combinación nos permitiría tener el control total de una casa y hacer que la respuesta ante cualquier situación sea inmediata, algo que en la actualidad es de gran ayuda.

Otro ejemplo de aplicación de IIoT y control se puede evidenciar en [6], donde se realiza un control de temperatura y se envía los datos a través de IIoT, sin embargo, no se realiza el control de temperatura basado en lógica Fuzzy, pero es un sistema que se acerca a la investigación del presente trabajo. Actualmente, el IIoT y la automatización industrial van de la mano, y como se evidencia en [7], la tecnología IIoT nos permite realizar el seguimiento de varios procesos industriales, con el afán de tener un seguimiento en tiempo real de nuestra empresa. En [8] podemos notar como la lógica Fuzzy ayuda a sistemas para gestionar la energía y optimizar fuentes de energía renovable; ya que, la lógica Fuzzy, ayuda a mejorar de forma significativa el uso de esta energía. En [9] podemos notar que la lógica Fuzzy también se aplica en la agricultura, y esto nos permite entender que este control está presente en varios sistemas, debido a que ayuda a mejorar la respuesta del sistema. Y en [10] podemos notar que la tecnología IIoT se aplica para el control de temperatura para pasteurizar leche; sin embargo, ninguno de los trabajos e investigaciones se centran en el control Fuzzy de la temperatura para un horno industrial, y mucho menos lo combinan con el internet industrial de las cosas; lo que hace que el presente trabajo sea de total interés y relevancia, al implementar una nueva opción para el seguimiento y control dentro de la industria, además, que permite obtener los datos del sistema en tiempo real, logrando de esta manera, brindar a todos lo

involucrados en el proceso, mejorar el producto a obtener y tener el menor error posible en la producción.

Lo que se pretende lograr con la implementación de un prototipo de control Fuzzy integrado con el internet industrial de las cosas (IIoT), es controlar la temperatura de un horno industrial de manera más precisa y eficiente en comparación a los sistemas de control manual, mejorando la calidad del producto obtenido. Para la cual se debe ir cumpliendo parcialmente con los siguientes objetivos: desarrollar un modelo de lógica Fuzzy en MATLAB para el control de temperatura de un horno industrial, recopilar datos para ajuste automático de parámetros de control, integrando sensores y actuadores, desarrollar una interfaz de control en tiempo real, accesible a través de dispositivos conectados a Internet y supervisar la respuesta del sistema de control Fuzzy-IIoT en la precisión del control de temperatura, con la capacidad de adaptarse a diferentes condiciones de operación.

Para implementar el prototipo de control, se debe en primera instancia desarrollar el modelo Fuzzy en MATLAB, considerando variables como la temperatura medida y la temperatura deseada, que representan el error a ser controlado como entrada, para obtener una salida adecuada y que controle el sistema correctamente. Luego, se debe recopilar datos de cómo trabajan los sensores en la toma de temperatura, para de esta manera ajustar los parámetros de control y tener un correcto funcionamiento, permitiendo a la aplicación basada en IIoT, realizar un seguimiento y control adecuado de todo el proceso. Con todos los parámetros ajustados y evidenciando que el control Fuzzy está dando los resultados esperados, se procede a desarrollar la aplicación para el control desde la nube; esta aplicación, se desarrolla en V-Net que es propia del módulo Wecon IoT utilizado para montar el prototipo de control, y que tiene un entorno bastante amigable con los usuarios, y que, a su vez, permite realizar un control y seguimiento desde el celular con solo contar con la aplicación móvil. Finalmente, se realiza una supervisión en tiempo real del control Fuzzy de temperatura desde el teléfono celular, para de esta manera evidenciar cambio de temperatura y activación de salidas, además, de poder realizar control desde la aplicación móvil, demostrando la aplicación de IIoT para el control Fuzzy de temperatura para un horno industrial.

Es importante mencionar que el combinar lógica Fuzzy con el internet industrial de las cosas para el control de temperatura, permite manejar de manera adecuada problemas como la incertidumbre y variación que se puede presentar en la industria; ya que, este sistema se adapta en tiempo real a las condiciones de trabajo en las que se encuentra gracias a contar con una aplicación que nos permite tener un seguimiento y control del proceso en todo momento. Todo esto permite evidenciar que el control Fuzzy funciona de mejor manera, respecto a un control manual o PID, que muchas veces se presenta dentro de la industria en este tipo de procesos.

El presente trabajo evidencia que el prototipo del control Fuzzy de temperatura para un horno industrial con internet industrial de las cosas se implementó sin mayor problema, dando a conocer en la sección 1 todos los documentos que tienen información relevante sobre el tema y su relevancia dentro de la industria en la actualidad; luego en la sección 2 se dan a conocer los materiales y métodos utilizados para alcanzar los objetivos del trabajo y evidenciar su impacto. Con el prototipo desarrollado se proceden a realizar pruebas, para dar a conocer en la sección 3 los resultados obtenidos que satisfacen la hipótesis planteada al inicio del trabajo; luego en la sección 4 se detallan los posibles trabajos que se generan a partir de la presente investigación, ya que, se abren nuevos campos e ideas que se pueden implementar y desarrollar, y finalmente se dan a conocer en la sección 5 las conclusiones que se obtienen a partir del trabajo realizado y que permiten visualizar el alcance del mismo.

2. Materiales y métodos

Los materiales que se utilizaron para este trabajo son los siguientes:

PLC S7 – 1200 (Controlador Lógico Programable)

Es un controlador de tipo industrial que funciona como computador de estado sólido. Es el encargado de monitorear las entradas y salidas, y el cual indica las acciones a ser realizadas a partir de un control lógico. El CPU que internamente tiene el PLC es el que gobierna todas las acciones que realiza el PLC, mientras que el controlador lógico programable es el que está en contacto directo con el entorno de trabajo [3].

Módulo de entradas y salidas analógicas SM 1232

Es un módulo de expansión de la familia SIMATIC S7 – 1200, que permite incorporar señales del tipo analógico a la entrada y salida de un PLC. Esto le permite interactuar al mismo, con sensores y actuadores que generen este tipo de señales, como, por ejemplo: temperatura, presión y flujo [42].

Sensor de temperatura PT100

Al tener en cuenta la información de [43], la PT100 es un detector de temperatura de resistencia; lo que quiere decir, que varía la resistencia eléctrica de un alambre, en este caso aluminio, a medida que el mismo varía su temperatura. Al ser PT100, quiere decir que su resistencia inicial es 100 ohmios cuando la temperatura es de 0 °C.

Módulo Wecon IoT.

Como se menciona en [44], es un dispositivo que se conecta a la nube a través de Ethernet. Nos permite interactuar con varias marcas de PLC, desarrollar un sistema SCADA en la nube, y recibe y envía los datos a través de una aplicación móvil disponible para Android y iOS. Es el módulo que se encarga de realizar la conexión entre el PLC y la nube.

Router TP-Link Archer C24

Dado que es un dispositivo de la marca TP-Link [45], se dice que es un router pequeño y compacto que sirve para permitir la conexión a internet dentro de departamentos y casas pequeñas. Es un pequeño distribuidor de direcciones IP, si se conecta dispositivos de forma directa al mismo.

Metodología.

Dado la naturaleza del problema en el cual se quiere implementar un prototipo del control de temperatura para un horno industrial basado en el internet industrial de las cosas, la investigación tendría un diseño no experimental, transeccional descriptivo; para lo cual, se tiene como referencia inicial el siguiente diagrama de bloques del sistema.

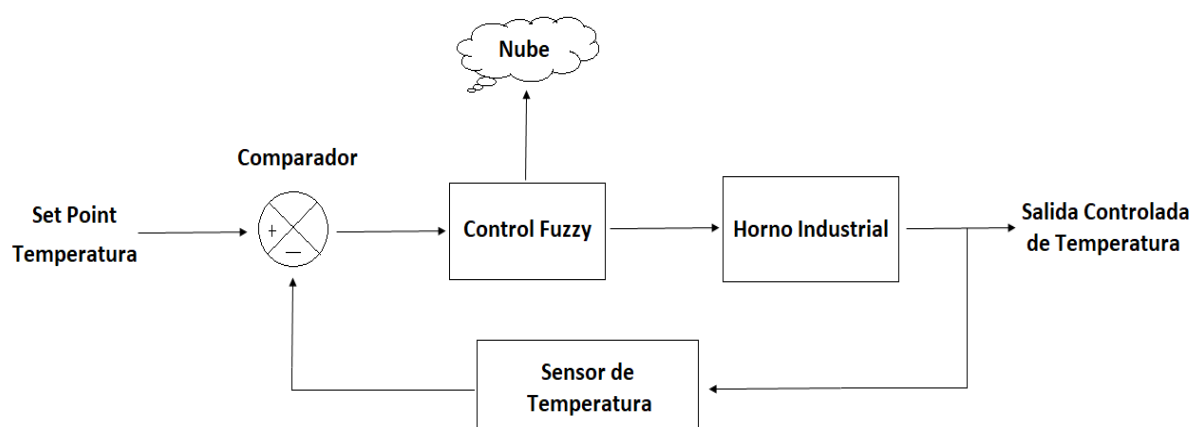


Figura 1. Vista completa del sistema en diagrama de bloques

El estudio tiene un enfoque no experimental; debido a que, el sistema se desarrolla en un ambiente simulado puesto que es un prototipo; ya que, se tienen los materiales de forma física, y es palpable el sistema configurado; sin embargo, el sistema no está montado en el ambiente real

de trabajo, y por lo tanto, no se están realizando pruebas de forma controlada, en las cuales se manipule las variables para observar los resultados que presentaría el control de la temperatura en el entorno real de trabajo.

Al ser transeccional, indica que se analiza el sistema en un instante en particular, esto hace referencia al momento que se realizan las pruebas de funcionamiento, y, por lo tanto, funciona bajo ciertas condiciones en específico, pero el sistema como tal no trabaja a largo plazo, y no se evidencia como responde el mismo ante esta situación. El control funciona correctamente en todas las pruebas realizadas, pero no funciona continuamente durante un largo intervalo de tiempo y no se obtienen datos respecto a esta situación del sistema. También es descriptivo; debido a que, el fin de este trabajo es mostrar cómo funciona el control Fuzzy de temperatura para un horno industrial basado en el internet industrial de las cosas, detallando cómo funciona el control y su dependencia de las variables de entrada y salida que se necesitan, y luego como todo esto es llevado a la nube para poder realizar un seguimiento y control en tiempo real; pero como tal, no se encuentra trabajando en un entorno industrial, para verificar su respuesta en este entorno y así producir ciertos resultados.

Considerando que se quiere tener un enfoque claro de cómo responde nuestro sistema en su estado actual de funcionamiento, este tipo de enfoque es adecuado para nuestro trabajo; ya que, no intervenimos en el sistema en su funcionamiento y obtenemos datos de respuesta a partir del instante y momento en el que se toman los datos, a través del trabajo del sistema implementado. Al ser un prototipo no se manipulan directamente las variables independientes, ni se asignan aleatoriamente condiciones experimentales. Por lo que, no podría tener un diseño experimental. Dado que es un diseño no experimental, transeccional descriptivo se observan y se describen las variables de interés en un momento dado, y no se interviene o se modifican las condiciones existentes.

Para implementar el control fuzzy, se debe en primera instancia desarrollar el modelo Fuzzy en MATLAB, considerando variables como la temperatura medida y la temperatura deseada, que representan el error a ser controlado como entrada, para obtener una salida adecuada y que controle el sistema correctamente. Luego, se debe recopilar datos de cómo trabajan los sensores en la toma de temperatura, para de esta manera ajustar los parámetros de control y tener un correcto funcionamiento, permitiendo a la aplicación basada en IIoT, realizar un seguimiento y control adecuado de todo el proceso. Con todos los parámetros ajustados y evidenciando que el control Fuzzy está dando los resultados esperados, se procede a desarrollar la aplicación para el control desde la nube; esta aplicación, se desarrolla en V-Net que es propia del módulo Wecon IoT utilizado para montar el prototipo de control, y que tiene un entorno bastante amigable con los usuarios, y que, a su vez, permite realizar un control y seguimiento desde el celular con solo contar con la aplicación móvil. Finalmente, se realiza una supervisión en tiempo real del control Fuzzy de temperatura desde el teléfono celular, para de esta manera evidenciar cambio de temperatura y activación de salidas, además, de poder realizar control desde la aplicación móvil, demostrando la aplicación de IIoT para el control Fuzzy de temperatura para un horno industrial.

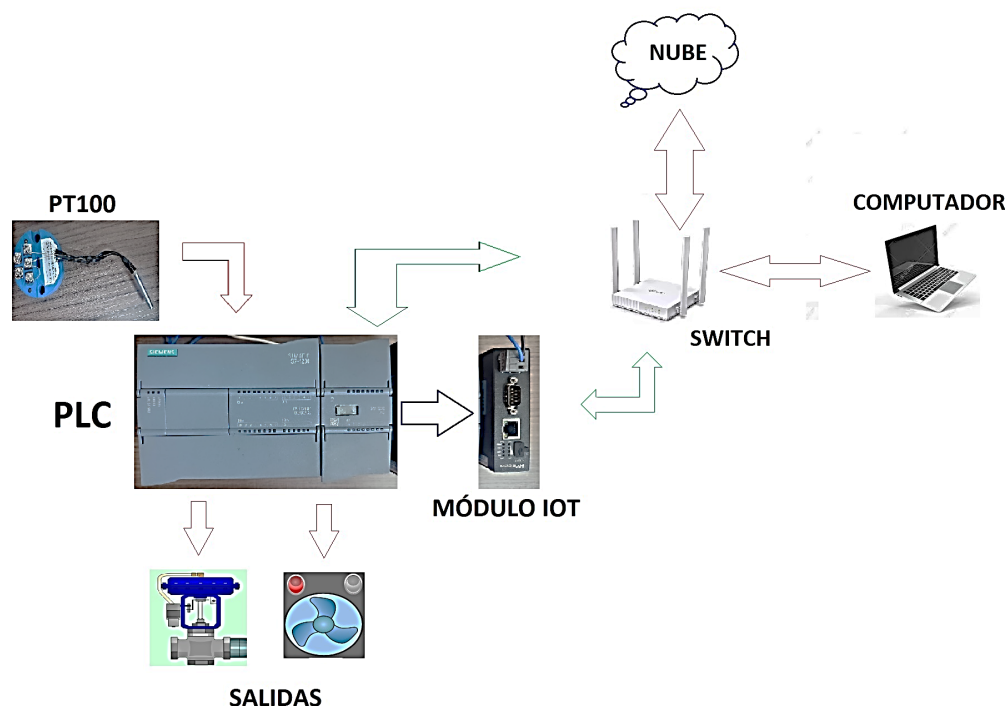


Figura 2. Esquema del prototipo implementado

Nuestro sistema va a contar con un PLC S7-1200, el cual se implementará el controlador fuzzy que nos permitirá procesar las señales de entrada y salida que tiene el sistema. Contará con un módulo de entradas y salidas analógicas, necesario para procesar todo lo que ingresa en el PLC y todo lo que se desea tener como salida. Se utilizará una PT100 que es el sensor que enviará la señal analógica de entrada para poder realizar el respectivo control. Las salidas controlan son una válvula proporcional y un ventilador. Luego se tiene un módulo Wecon IoT, el cual nos permite enviar los datos extraídos del PLC a la nube, una nube que es propia de la marca del módulo utilizado. Con los datos ya existentes en la nube, se tiene la aplicación que interpreta los mismos, la cual es V-Net, que también es propia del módulo IoT utilizado. En nuestro teléfono móvil podemos evidenciar todo el control que se está realizando, gracias a que se cuenta con una aplicación móvil de V-Net, que se utiliza para la interpretación y control de los datos. Como equipo adicional, cabe mencionar que se utiliza un switch, para armar la red entre el PLC, el módulo Wecon y el computador que actúa como controlador de todo el proceso. Y al tener los datos cargados en la nube, nuestro teléfono móvil puede estar conectado a cualquier red, y podrá realizar el seguimiento y control de la temperatura del horno industrial.

3. Resultados

El control Fuzzy de temperatura de un horno industrial a partir del internet industrial de las cosas, teniendo en cuenta el prototipo que se desarrolló, permitió evidenciar que es una opción válida versus el control convencional que se presenta en una industria; teniendo presente, que existen ciertas consideraciones que se deben contemplar a la hora de quererlo llevar a la aplicación real. El prototipo funciona de forma adecuada y permite realizar un seguimiento y control en tiempo real de la temperatura; teniendo en cuenta que, se lo ha sometido a situaciones de prueba, pero no permite obtener datos de un entorno real industrial y con diferentes situaciones climáticas, que son consideraciones que se plantean para futuras investigaciones y trabajos prácticos.

Primero se procedió a realizar en el entorno de programación de MATLAB la lógica Fuzzy del sistema, utilizando una herramienta propia del software llamada "fuzzy", la cual permite ingresar las entradas y salidas a considerar, para que la respuesta del sistema sea la esperada y el control de

temperatura tenga una respuesta en tiempo real respecto a las variaciones que se presentan en el ambiente. Para el desarrollo se tiene en cuenta el error del sistema (e) y el error a corregir (ep), los cuales se comparan y permiten tener una salida controlada (u), que es una de las ventajas que ofrece la lógica Fuzzy. Al tener en cuenta las variables, y desarrollar todas las funciones de membresía necesarias para el control, se obtiene una gráfica que muestra el resultado de esta comparación, y que evidencia el resultado esperado para el control de temperatura; puesto que, el error se corrige y se compensa a la salida. Todo este proceso se evidencia en las siguientes gráficas del desarrollo del control Fuzzy.

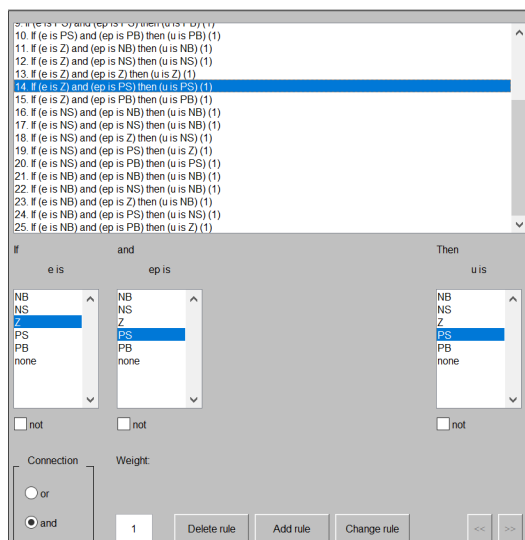


Figura 3. Reglas del control Fuzzy desarrollado en MATLAB

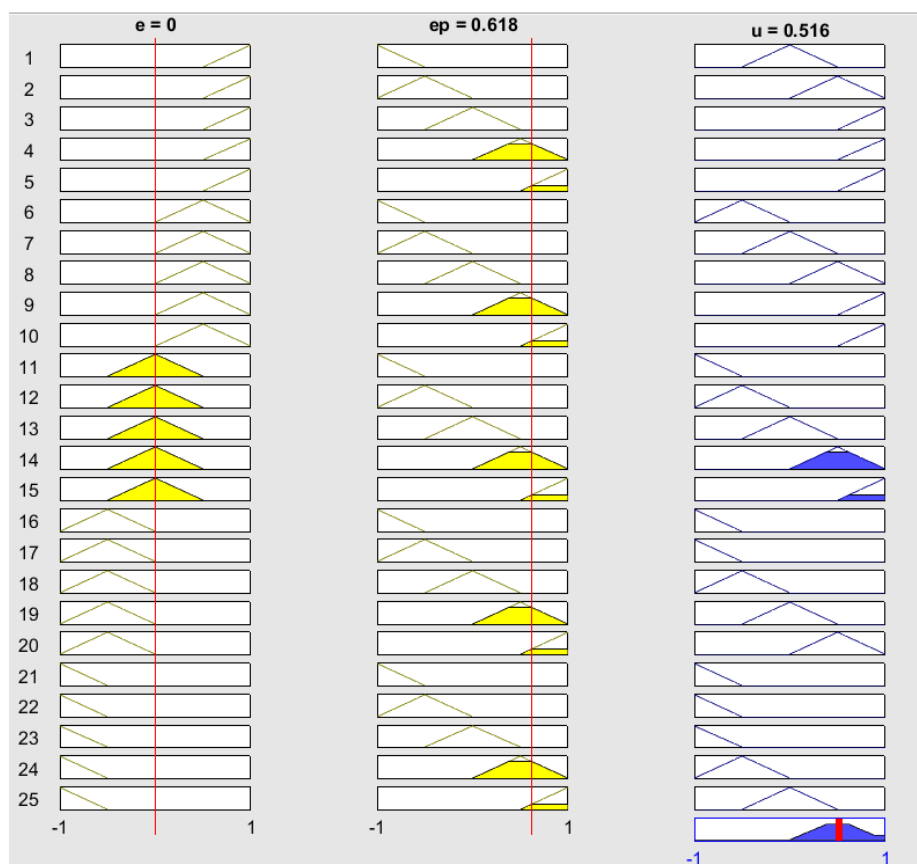


Figura 4. Reglas presentadas en funciones de pertenencia del control Fuzzy

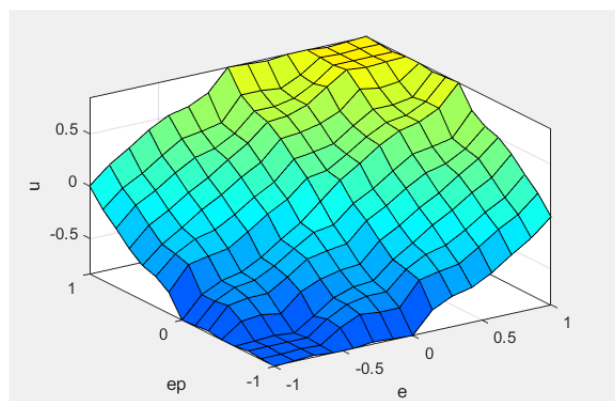


Figura 5. Grafica de error vs salida del control obtenido en MATLAB

Una vez que se ha desarrollado la lógica Fuzzy del sistema, se procede a obtener el lenguaje SCL que se genera del sistema. Esto se realiza en el mismo entorno de MATLAB, con la ayuda de "Simulink" y la herramienta llamada "PLC Code"; que es la encargada de pasar la información generada del bloque fuzzy, a un lenguaje que pueda ser interpretado por el PLC, que en este caso es lenguaje SCL. Se debe tener en cuenta, que el código que se obtiene, no se lo copia y pega directamente en el entorno de programación del PLC; sino que, debe ser sometido a los cambios necesarios para que pueda ser interpretado adecuadamente.

Con el código obtenido, se procede a desarrollar el bloque de control dentro del entorno de programación del PLC, en este caso, al ser un PLC de la marca Siemens, se debe utilizar el software TIA Portal. Dentro de este entorno de programación, se utiliza un bloque FB en el cual se desarrolla el control Fuzzy, a partir, del código obtenido de MATLAB. Con el bloque desarrollado, teniendo en cuenta las consideraciones necesarias, se procede a realizar el programa principal del PLC, donde se deben declarar todas las variables de entrada y salida del sistema; además, que se debe ingresar todas las variables necesarias para hacer el escalamiento de la señal del sensor de temperatura, para que la señal, sea interpretada adecuadamente por el PLC y no se presenten inconvenientes con la salida deseada. Y finalmente, se deben considerar las variables que van a permitir que se envíe la información desde el PLC a la nube, a través del módulo IoT. Todas estas consideraciones que se mencionan, se evidencian de forma macro en la siguiente figura obtenida del entorno de TIA Portal, donde se encuentra desarrollado el control Fuzzy de temperatura para un horno industrial.

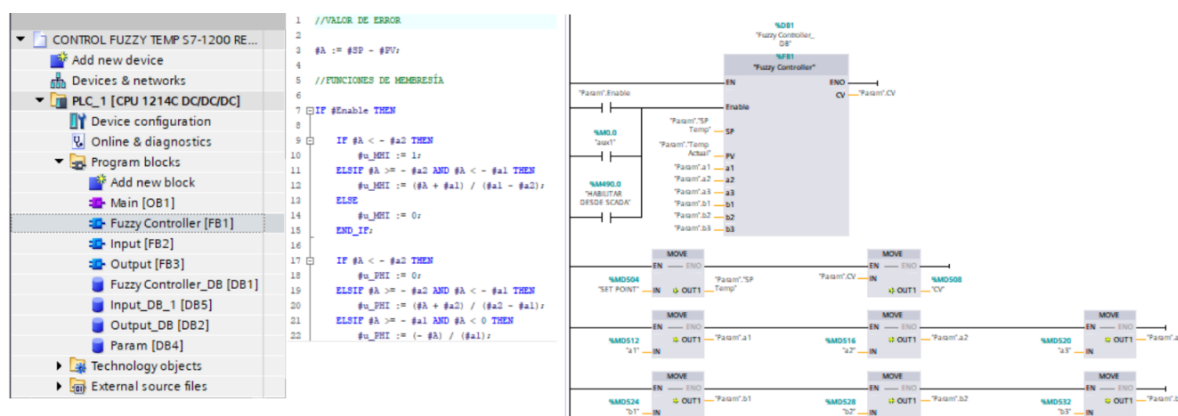


Figura 6. Vista general del programa desarrollado en TIA Portal.

Como una consideración relevante del sistema, hay que tener en cuenta el tipo de transmisor de señal (voltaje o corriente) que se utiliza para enviar la señal del sensor de temperatura al PLC; debido a que, el escalamiento va a sufrir sus respectivas alteraciones, según sea el caso. Para el

prototipo del control de temperatura, se utiliza una PT100 y un transistor de señal de corriente; por lo que, el escalado en la programación, se realizó en base a estas consideraciones. Y al realizar las respectivas pruebas, se pudo evidenciar que la respuesta del sistema era el esperado; obteniendo un control Fuzzy de temperatura para un horno industrial, para distintos valores de set point ingresados.

Con el control desarrollado dentro del PLC y teniendo una respuesta favorable, finalmente se desarrolló la aplicación en red que permite dar un seguimiento y control al sistema, desde cualquier lugar donde se tenga internet. Para esto se utilizó el módulo WECON IoT, que es de uso industrial y el cual tiene su propio entorno de programación en red llamado V-Net. En esta aplicación se desarrolló un entorno amigable y de fácil entendimiento, para que los usuarios puedan interactuar de forma adecuada con el mismo, y no presenten errores en el sistema. Teniendo en cuenta que las personas que dispongan de esta aplicación, ya sea de ordenador o móvil deben tener los conocimientos necesarios para poderlo manipular de forma adecuada y no se presente inconvenientes en el sistema. La aplicación para el teléfono móvil tiene el mismo nombre (V-Net) y esta disponible para Android y IOS, y se puede ingresar al entorno de seguimiento y control, mediante un usuario y contraseña; mismas que se utilizan para ingresar a la aplicación de ordenador y que se crean la primera vez que se ingresa en la misma. El resultado de la interfaz del control Fuzzy de temperatura para un horno industrial con internet industrial de las cosas IIoT, es el siguiente:

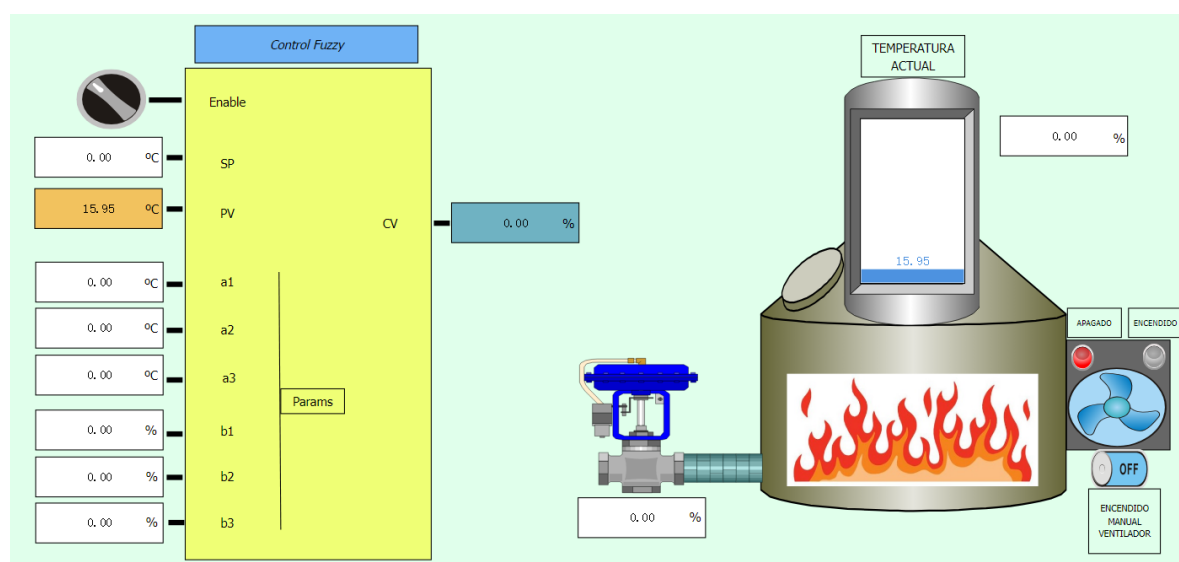


Figura 7. Entorno para escritorio y móvil de la aplicación de control.

Cada uno de los resultados mencionados, permitieron tener el producto final que es el prototipo de control de temperatura para un horno industrial con internet industrial de las cosas. Evidenciando que en la actualidad es primordial contar con un seguimiento y control de los procesos en tiempo real, y que, llevado a la práctica real, permitiría optimizar el producto final obtenido, independiente de la aplicación. La respuesta del sistema se puede evidenciar en la siguiente gráfica obtenida en MATLAB, que muestra el tiempo de respuesta del sistema respecto al set point, el cuál para realizar las respectivas pruebas se lo puso en un valor de 120 °C.

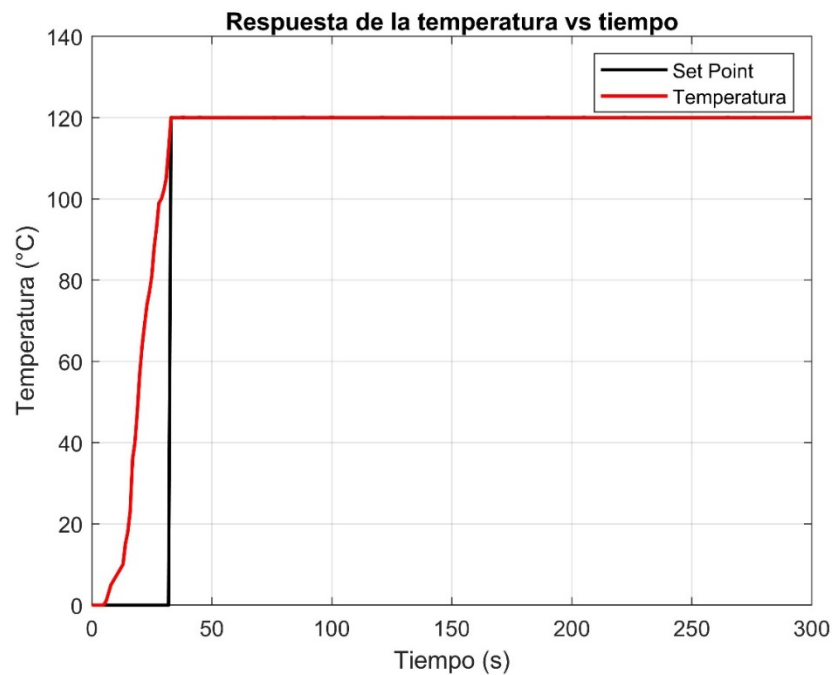


Figura 8. Respuesta del sistema aplicando el control Fuzzy

A partir de esta gráfica en la que se muestra el set point y el control Fuzzy, y tomando ciertos valores de referencia se obtuvo el siguiente error estacionario al realizar ciertas pruebas; además, el tiempo de estabilización depende de la distancia que existe entre las temperaturas a medir, los valores que se obtuvieron son:

Tabla 1. Error estacionario del sistema

Set Point	Valor Tomado	Error estacionario
120 °C	120,03 °C	0,03 °C
120 °C	120,02 °C	0,02 °C
120 °C	119,98 °C	0,02 °C
120 °C	119,97 °C	0,03 °C

¹ Las tablas pueden tener un pie de página.

Mostrando que el error en la medición versus el set point, tiene una tolerancia de $\pm 0,03\%$, que es bastante aceptable para ser un prototipo. Teniendo en cuenta que, al ser un prototipo no se expone de forma directa a variaciones que se podría presentar dentro de la industria, y que esa tolerancia podría sufrir ciertas variaciones bajo dichas condiciones.

4. Discusión

El utilizar lógica Fuzzy para el control de temperatura de un horno industrial y aplicar el internet industrial de las cosas, ha demostrado ser una opción con mayor viabilidad frente a un control convencional. Debido a que, el control Fuzzy se adapta de una mejor manera a las condiciones de variación en la operación del sistema, y que esto es de gran importancia en los procesos industriales, donde el proceso debe ser lo más preciso y estable posible; considerando que la variable que se maneja todo el tiempo, es la temperatura, y que esto asegura la calidad del producto final a obtener.

Además, el prototipo del control de temperatura logró manejar de forma adecuada la incertidumbre y variabilidad del sistema que es inherente a cualquier proceso industrial; puesto que, el sistema mantuvo la temperatura dentro de los rangos deseados, bajo ciertas condiciones de

prueba. Y que todo esto, al ser combinado con IIoT permitió tener un monitoreo y control en tiempo real, para de esta manera mejorar la eficiencia operativa, y la flexibilidad y capacidad de respuesta ante posibles fallas que se puedan presentar en el sistema. Estas perturbaciones se muestran en la siguiente gráfica, en la que se evidencia que la respuesta es aceptable; recalcando el hecho, de que al ser un prototipo las perturbaciones del sistema son simuladas y en futuros trabajos se lo podría evidenciar de forma real.

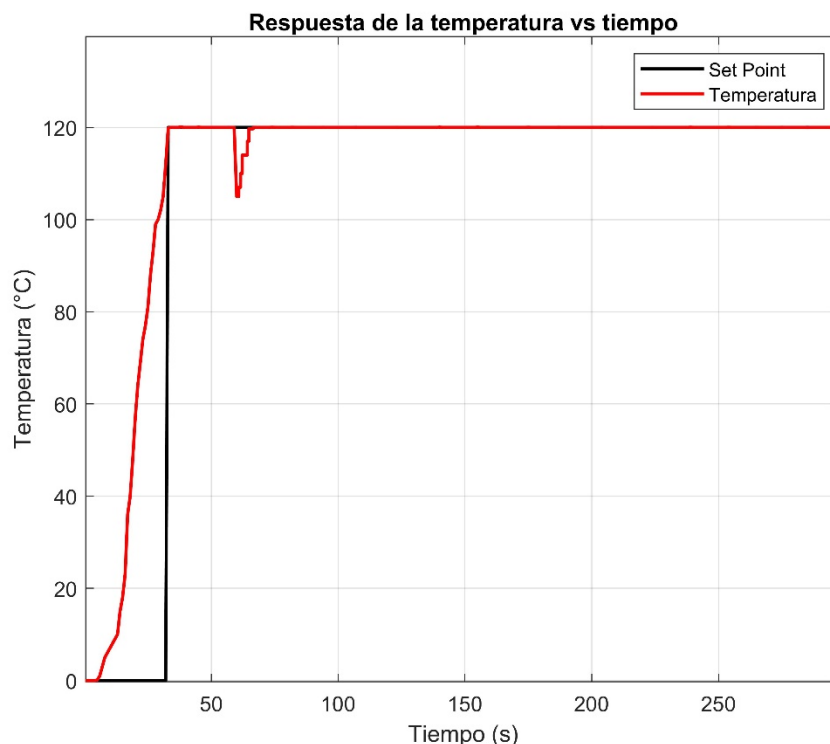


Figura 9. Respuesta del sistema aplicando el control Fuzzy, con perturbaciones

Sin embargo, aunque el prototipo del sistema ofrece ventajas respecto a un control convencional; se debe tener en cuenta que, el mismo no trabajó en un entorno real de producción, y que montarlo en la industria podría presentar ciertos desafíos; tales como: ciberseguridad, integración con otros sistemas de control, duración a largo plazo y la resistencia del sistema ante condiciones extremas. Por lo tanto, futuros trabajos podrían enfocarse en la implementación en un entorno industrial real, en la seguridad del sistema y en el desempeño a largo plazo.

5. Conclusión

El control de temperatura para un horno industrial con internet industrial de las cosas ha demostrado ser una mejor opción para el seguimiento y control de un proceso industrial versus un control convencional. Todos los resultados que se obtuvieron indican que la lógica Fuzzy combinada con el IIoT, optimizan notablemente el control de temperatura, y esto conlleva a que se tenga una mayor uniformidad en el producto final.

El trabajo realizado permite evidenciar que el utilizar nuevas tecnologías, tales como la lógica Fuzzy y el IIoT, traen beneficios en aplicaciones industriales críticas donde es esencial la adaptabilidad y precisión del sistema. Y pese a que el trabajo se enfoca en un prototipo, los resultados son prometedores y abren la posibilidad de implementar soluciones similares a otro tipo de procesos industriales.

El presente trabajo sienta las bases necesarias para futuras investigaciones y trabajos que tengan relación completa con la automatización industrial; teniendo presente, que lo importante es implementar nuevas tecnologías para el control, y que permitan, optimizar procesos de producción.

Contribución de autores: Todos los autores han contribuido de manera equitativa a la investigación realizada.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

- [1] B. Ali, S. Tayyaba, M. W. Ashraf, M. W. Nawaz, M. T. Mushtaq, M. Akhlaq, and M. F. Wasim, "Fuzzy simulation, synthesis, characterization and voltage measurements of zinc oxide nanorod-based nanogenerators," *Dig. J. Nanomater. Biostructures*, vol. 15, pp. 289–297, 2020. Available: <https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aagcd%3A10%3A7126458/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Aagcd%3A143036460&url=c>.
- [2] M. Ali, A. Hussein, and T. Salman, "IoT Based Water Tank Level Control System Using PLC," in 2020 International Conference on Computer Science and Software Engineering (CSASE), Duhok, Iraq, Apr. 16–18, 2020, pp. 1–6. doi: 10.1109/CSASE48920.2020.9142067.
- [3] R. Amudhevali and T. Sivakumar, "IoT Based Smart Energy Metering System for Monitoring the Domestic Load Using PLC and SCADA," in *IVC Raise 2020*, 2020, pp. 1–10. doi: 10.1088/1757-899X/1055/1/012154.
- [4] O. A. Andrade Sojo and P. E. Salamea Saquicela, "Implementación de un sistema basado en internet de las cosas para el control del proceso de elaboración de cerveza artesanal," Bachelor's thesis, Univ. del Azuay, 2021. Available: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10986>.
- [5] U. Ramani, S. Sathiesh Kumar, T. Santhoshkumar, M. Thilagaraj, "IoT Based Energy Management for Smart Home," Published in: 2019 2nd International Conference on Power and Embedded Drive Control (ICPEDC), Aug. 21–23, 2019. IEEE, doi: 10.1109/ICPEDC47771.2019.9036546.
- [6] C. Calderón, M. Gonzaga, J. Morales, M. Morochó, B. Torres, and C. Ramírez, "Prototype industrial IoT applied to temperature monitoring in storage silos of dairy products," in 2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Cáceres, Spain, Jun. 13–16, 2018, pp. 1–6. doi: 10.23919/CISTI.2018.8399299.
- [7] T. L. Gallo Castillo, "Desarrollo e implementación de Internet industrial de las cosas aplicado al laboratorio de PLC's de la Facultad de Ingeniería Industrial en procesos de automatización de la Universidad Técnica de Ambato," Master's thesis, Escuela Sup. Politécnica de Chimborazo, 2018. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9228>.
- [8] A. Kumar, A. Kumar, and S. Pal, "Fuzzy Logic-Based Energy Management in Smart Grids for Renewable Integration," *Energy Rep.*, 7, 5989–6003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451101013>
- [9] N. Noorbhasha and M. Veeraswamy, "Smart Sprouts: Fuzzy Logic-Driven IoT-Based Smart Water Management System for Vertical Farming," in *Proceedings of the 4th International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC)*, Tiruchirappalli, India, Sep. 2023, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICOSEC58147.2023.10275927.
- [10] R. A. Silgado Ortiz, "Desarrollo de un sistema de Internet de las Cosas Industrial para el monitoreo de temperatura de un pasteurizador de leche," Bachelor's thesis, Univ. Antonio Nariño, 2023. Available: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/8552>.
- [11] V. K. S. and R. R. Neeralagi, "IoT based Health Monitoring using Fuzzy logic," *International Journal of Computational Intelligence Research*, vol. 13, no. 10, pp. 2419–2429, 2017. [Online]. Available: http://www.ripublication.com/ijcir17/ijcirv13n10_11.pdf.
- [12] M. Cuká, D. Elzami, R. Obukata, K. Odera and T. Oda, "An Integrated Intelligent System for IoT Device Selection and Placement in Opportunistic Networks Using Fuzzy Logic and Genetic Algorithm," Published in: [2017 31st International Conference on Advanced Information Networking and](#)

- [Applications Workshops \(WAINA\)](#). March 27–29, 2017. doi: [10.1109/WAINA.2017.178](#)
- [13] A. Subahi and K. Bouazza, "An Intelligent IoT-Based System Design for Controlling and Monitoring Greenhouse Temperature," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 125488–125500, 2020. doi: [10.1109/ACCESS.2020.3007955](#).
- [14] F. Hasan, A. Kargarian, and A. Mohammadi, "A survey on applications of machine learning for optimal power flow," in *2020 IEEE Texas Power and Energy Conference (TPEC)*, 2020, pp. 1–6. doi: [10.1109/TPEC48276.2020.9042547](#).
- [15] V. A. Chalán Padilla, "Desarrollo de un controlador óptimo LQR utilizando herramientas IoT para un sistema de presión constante controlado remotamente," Master's thesis, Univ. Politécnica Salesiana del Ecuador, 2020. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19395>.
- [16] Control Automático Educación, "Control Fuzzy – Mamdani – Simulink," Control Automático Educación, 2024. [Online]. Available: <https://controlautomaticoeducacion.com>.
- [17] X. Li, Da Xu, and L. Xu, "A review of Internet of Things: Resource mapping," *IEEE Internet Things J.*, vol. 8, no. 11, pp. 8657–8666, 2020. doi: [10.1109/JIOT.2020.3038657](#).
- [18] C.-L. Lin, C.-H. Zhang, and J.-H. Chen, "Optimal arrangement of structural sensors in soft rock tunnels based on industrial IoT applications," *Comput. Commun.*, vol. 156, pp. 159–167, 2020. doi: [10.1016/j.comcom.2020.03.037](#).
- [19] Q. Liu et al., "Deep reinforcement learning for load-aware network control in IoT edge systems," *IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst.*, vol. 33, no. 6, pp. 1491–1502, 2021. doi: [10.1109/TPDS.2021.3065233](#).
- [20] M. X. López Flores, "Industria 4.0 para la monitorización de un proceso industrial," Master's thesis, Univ. Técnica de Ambato, 2019. Available: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29852>.
- [21] C. Caldera, J. Gallegos, J. López, and H. Olivas, "Diseño de sistema de control automatizado con sistemas embebidos, aplicaciones móviles y el internet de las cosas," *Rev. Tecnol. Innovación*, vol. 11, pp. 51–62, 2017. Available: https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Tecnologia_e_innovacion/vol4num11/Revista_de_Tecnologia_e_Innovacion_V4_N11_6.pdf.
- [22] D. Glaroudis, A. Iossifides, and P. Chatzimisios, "Survey, comparison and research challenges of IoT application protocols for smart farming," *Comput. Netw.*, vol. 168, p. 107037, 2020. doi: [10.1016/j.comnet.2019.107037](#).
- [23] D. Meana-Llorián et al., "IoTClimate: The fuzzy logic and the Internet of Things to control indoor temperature regarding the outdoor ambient conditions," *Future Gener. Comput. Syst.*, vol. 76, pp. 275–284, 2017. doi: [10.1016/j.future.2017.04.036](#).
- [24] W. Mofei, Z. Chen, Y. Hu, and D. Luo, "Design of Intelligent Temperature Controller for Thermocouple Automatic Calibrating Furnace," in *2017 International Conference on Industrial Informatics – Computing Technology, Intelligent Technology, Industrial Information Integration (ICIICII)*, Wuhan, China, Dec. 2–3, 2017, pp. 1–6. doi: [10.1109/ICIICII.2017.63](#).
- [25] OpenWebinars, "Aplicaciones del IoT en los diferentes sectores," OpenWebinars, 2024. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11277-023-10490-5>.
- [26] A. Patel and M. K. Sharma, "Fuzzy Logic-Based Intelligent Traffic Management System Using IoT," *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 145, p. 104943, 2024. doi: [10.1016/j.trc.2023.104943](#).
- [27] C. Patel and N. Doshi, "A novel MQTT security framework in generic IoT model," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 171, pp. 1399–1408, 2020. doi: [10.1016/j.procs.2020.04.150](#).
- [28] K. S. Raja and S. T. K. Thakur, "Optimizing IoT Performance Using Fuzzy Logic Techniques," *Future Gener. Comput. Syst.*, vol. 134, pp. 297–310, 2022. doi: [10.1016/j.future.2022.03.012](#).
- [29] J. A. Rodríguez and M. Fernández, "Fuzzy Logic Control for IoT Applications," *J. Intell. Syst.*, vol. 12, no. 3, pp. 195–210, 2021. doi: [10.1109/JIS.2021.3072929](#).
- [30] O. A. Rosete Beas, "Desarrollo de plataforma IoT para control y monitoreo de salones de clase y laboratorios de innovación," Master's thesis, Univ. CETYS, 2019. Available: <https://repositorio.cetys.mx/handle/60000/1216>.
- [31] D. Devassy, J. Immanuel Johnraja, and G. J. L. Paulraj, "NBA: New bio-inspired algorithm for energy optimization in wireless networks for IoT applications," *J. Supercomput.*, vol. 78, pp. 1–18, 2022. doi: [10.1007/s11227-022-04505-4](#).

- [32] N. N. Srinidhi, S. D. Kumar, and K. R. Venugopal, "Network optimizations in the Internet of Things: A review," *Eng. Sci. Technol. Int. J.*, vol. 22, no. 1, pp. 1–21, 2019. doi: 10.1016/j.jestch.2018.09.011.
- [33] R. Gupta, A. Rakhra, and A. Singh, "Internet of Things security using AI and blockchain," in *Machine Learning Approaches for IoT and Blockchain Convergence*, Wiley, 2021, pp. 57–91. doi: 10.1002/9781119761884.ch.
- [34] S. Tayyaba, M. W. Ashraf, T. Alquthami, Z. Ahmad, and S. Manzoor, "Fuzzy-based approach using IoT devices for smart home to assist blind people for navigation," *Sensors (Basel)*, vol. 20, no. 13, p. 3674, 2020. doi: 10.3390/s20133674.
- [35] S. K. Tripathy and B. S. Suresh, "Advancements in Fuzzy Logic for IoT-Enabled Smart Agriculture Systems," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 201, p. 107264, 2023. doi: 10.1016/j.compag.2022.107264.
- [36] R. Villena, "Proyecto de Integración de autómatas programables Simatic S7-1200 en red IOT," Master's thesis, Univ. Politécnica de Valencia, 2018. Available: <http://hdl.handle.net/10251/110768>.
- [37] K. R. Wagiman et al., "Lighting system control techniques in commercial buildings: Current trends and future directions," *J. Build. Eng.*, vol. 31, p. 101342, 2020. doi: 10.1016/j.job.2020.101342.
- [38] J. Xie and L. Xu, "Fuzzy Logic and Machine Learning for IoT Security: A Review," *IEEE Internet Things J.*, vol. 9, no. 17, pp. 15892–15905, 2022. doi: 10.1109/JIOT.2022.3156857.
- [39] C. Yang, Y. Zhang, Y. Chen, Y. Zhuansun, and H. Liu, "Security and privacy of smart home systems based on the Internet of Things and stereo matching algorithms," *IEEE Internet Things J.*, vol. 7, no. 4, pp. 2521–2530, Apr. 2020. doi: 10.1109/JIOT.2019.2958157.
- [40] I. F. J. Zermeño and E. G. C. Franco, "Aplicaciones, enfoques y tendencias del Internet de las Cosas (IoT): Revisión sistemática de la literatura," *Repositorio institucional.mx*, 2024. Available: <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/543/1/Aplicaciones%20enfoques%20y%20tendencias%20del%20IoT.pdf>.
- [41] J. Zhang et al., "Attribute-aware pedestrian detection in a crowd," *IEEE Trans. Multimedia*, vol. 23, pp. 3085–3097, 2021. doi: 10.1109/TMM.2020.3020691.
- [42] Siemens AG, "SM1232: Analog Input/Output Module," *SIMATIC S7-1200 System Manual*, Siemens, Munich, Germany, 2020. [Online]. Available: Siemens Support.
- [43] Omega Engineering, Inc., "RTD (PT100) Temperature Sensors," *Omega Product Specifications*, Omega Engineering, Stamford, CT, USA, 2023. [Online]. Available: Omega Engineering.
- [44] Wecon Technology Co., Ltd., "WECON IoT Module Manual," *Wecon Product Specifications*, Wecon Technology, Fuzhou, China, 2023. [Online]. Available: Wecon Technology.
- [45] TP-Link Technologies Co., Ltd., "Archer C24 AC750 Wireless Dual Band Router User Manual," *TP-Link Product Documentation*, TP-Link Technologies, Shenzhen, China, 2023. [Online]. Available: TP-Link Support



© 2024 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

Evaluación de riesgo ergonómico en los trabajadores del Vicerrectorado de Investigación, Vinculación y Posgrado de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Salguero Oviedo Marco Vinicio ¹  Bejarano Naula Carlos Mesías ¹ 

¹ Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, EC 060110, Ecuador



Correspondencia: marco.salguero@unach.edu.ec



+ 593 984032283

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj73176>

Resumen: La ergonomía en la actualidad juega un papel muy importante en la optimización de las condiciones laborales. La prevención y el control de los factores de riesgo son clave para evitar los trastornos musculoesqueléticos. Este estudio aborda la aplicación de una evaluación ergonómica al personal de Vicerrectorado de Investigación, Vinculación y Posgrado de la Universidad Nacional de Chimborazo, donde el objetivo principal fue realizar una evaluación ergonómica a los 12 puestos de trabajo y determinar los niveles de riesgo. Por medio de herramientas, como el cuestionario nórdico estandarizado de síntomas musculoesqueléticos de kuorinka, complementado con el método ROSA (Rapid Office Strain Assessment). Los resultados de la evaluación reflejan que el 26% de colaboradores realiza sus actividades laborales con dolencia musculoesquelética. Un 47.06% de los casos se atribuyen a la falta de diseño del espacio de trabajo y un 26.4% a posturas forzadas. Las zonas corporales más críticas que presentan dolencias son en el cuello y en la zona dorsal-lumbar con 74% y 66% respectivamente. En los puestos de trabajo evaluados, se obtuvo un riesgo muy alto con el 66.6 % que corresponde a un nivel 3. Tomando en cuenta los resultados obtenidos, se recomienda la implementación de estrategias para reducir los niveles de riesgo, mediante el rediseño de los puestos de trabajo y la incorporación de un programa de pausas activas para mejorar el entorno laboral.

Palabras claves: Ergonomía, riesgo ergonómico, trastorno musculoesquelético, método ROSA, evaluación ergonómica.

Ergonomic risk assessment in workers of the vice-rectorate of research, liaison and postgraduate studies of the national university of Chimborazo.

Abstract: Ergonomics currently plays a very important role in optimizing working conditions. Prevention and control of risk factors are key to avoiding musculoskeletal disorders. This study addresses the application of an ergonomic evaluation to the staff of the Vice-Rector's Office for Research, Liaison and Postgraduate Studies of the National University of Chimborazo,



Check for
updates

Cita: Salguero Oviedo, M. V., & Bejarano Naula, C. M. (2024). Evaluación de riesgo ergonómico en los trabajadores del vicerrectorado de investigación, vinculación y posgrado de la universidad nacional de Chimborazo. Green World Journal, 07(03), 176. <https://doi.org/10.53313/gwj73176>

Received: 30/August/2024

Accepted: 28/September/2024

Published: 03/October/2024

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.



© 2024 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>

where the main objective was to carry out an ergonomic evaluation of the 12 jobs and determine the risk levels. Through tools, such as the standardized Nordic kuorinka musculoskeletal symptoms questionnaire, complemented by the ROSA (Rapid Office Strain Assessment) method. The results of the evaluation reflect that 26% of employees carry out their work activities with musculoskeletal pain. 47.06% of cases are attributed to the lack of design of the workspace and 26.4% to forced postures. The most critical body areas that present ailments are in the neck and the dorsal-lumbar area with 74% and 66% respectively. In the evaluated jobs, a very high risk was obtained with 66.6%, which corresponds to level 3. Taking into account the results obtained, the implementation of strategies to reduce risk levels is recommended, through the redesign of the jobs. work and the incorporation of an active break program to improve the work environment.

Keywords: Ergonomics, ergonomic risk, musculoskeletal disorder, ROSA method, ergonomic evaluation.

1. Introducción

La ergonomía se considera actualmente como una disciplina esencial en la adaptación de los entornos laborales, con el objetivo de mejorar el bienestar de los trabajadores y reducir los riesgos de adquirir enfermedades profesionales[1]. La naturaleza de las actividades laborales, horarios y la frecuencia de las tareas influyen directamente en la salud de las personas, especialmente en las áreas administrativas, donde la exposición a largas jornadas frente al computador, generalmente sentados en sillas que no siempre garantizan el soporte ergonómico, esto genera un incremento de lesiones y malestares musculoesqueléticos, este estudio se centra en analizar las ventajas de la ergonomía y su impacto en la prevención de trastornos musculoesqueléticos.

Los trastornos musculoesqueléticos (TME) son problemas comunes en los trabajadores administrativos, en general representan uno de los principales problemas de salud que desarrollan a lo largo de su vida laboral. Las largas horas en un ambiente de oficina genera una alta exposición a posturas forzadas que se consideran un factor de riesgo. En ocasiones los trabajadores suelen poseer costumbres o hábitos de su vida cotidiana para realizar sus actividades de oficina, lo cual puede ser perjudicial debido a que estos hábitos pueden ser inadecuados, y con el pasar del tiempo llegan a desarrollar lesiones musculoesqueléticas[2].

En la actualidad las lesiones musculoesqueléticas son un desafío persistente en personas que realizan trabajo de oficina, afectando los índices de ausentismo, como la pérdida de productividad y la acumulación de trabajo, lo que impacta negativamente en el rendimiento empresarial[3]. Las lesiones más frecuentes que presentan los trabajadores de oficina suelen ser dolor en la región del cuello, inflamación del nervio ciático o en la región lumbar y en las extremidades superiores, generalmente son por malas posturas o falta de mobiliario adecuado para someterse a largas jornadas frente a un computador.

Al analizar las actividades catalogadas como administrativas o trabajo de oficina, se identifican factores ergonómicos de gran relevancia. Existen personas las cuales pasan periodos extendidos en una estación de trabajo, realizando actividades bajo presión y experimentando estrés laboral, así como fatiga ocular por uso continuo de herramientas tecnológicas como el computador y sus dispositivos periféricos, incrementa el riesgo ergonómico lo cual puede desencadenar en un problema osteomuscular [4]. Las condiciones en las que el trabajador desarrolla sus tareas diarias son fundamentales para su análisis, comprender esto ayuda a prevenir los trastornos musculoesqueléticos (TME), además implementar programas de entrenamiento acompañados de pausas activas.

Los desórdenes musculoesqueléticos se presentan con síntomas como la fatiga, sensación de peso, dolor, entumecimiento y rigidez en ciertas zonas del cuerpo, en zonas como el cuello, tronco, extremidades superiores e inferiores. estos riesgos están relacionados con las condiciones en las instalaciones y los equipos en los puestos de trabajo. Si no se logra identificar a tiempo, estos

pueden evolucionar hacia enfermedades degenerativas o inflamatorias, algunos de ellos son el síndrome de manguito rotador, síndrome de túnel carpiano, bursitis y dolor lumbar crónico[5].

2019–2025 del Ecuador, menciona que en nuestro territorio los desórdenes musculoesqueléticos representan una incidencia alta en morbilidad laboral con un 87%, a comparación con las afecciones auditivas y respiratorias que no alcanzan el 1%. Las patologías como los trastornos mentales y el cáncer ocupacional no aparecen en los resultados estadísticos. Los riesgos ergonómicos son percibidos como los principales causantes de enfermedades profesionales o trastornos musculoesqueléticos[6].

Para la detección de síntomas musculoesqueléticos existen varios métodos y herramientas, uno de los más usados es el cuestionario nórdico de síntomas músculo – tendinosos. Contiene dos secciones de gran importancia, en la primera incluye preguntas enfocadas en áreas donde el cuerpo presenta síntomas de alguna dolencia, las cuales son de elección obligatoria. En la segunda parte abarca preguntas con relación a los efectos de los síntomas seleccionados en la primera tanda de preguntas, en base a la duración de los síntomas, si ha tenido dolencias recientemente y si ha acudido a una evaluación adecuada por parte de un profesional de la salud[7].

En sus inicios, la ergonomía se centraba en la relación entre el ser humano y su entorno laboral. Tenía como principio mejorar el rendimiento de la persona en tareas específicas, considerando factores como la fatiga, los tiempos de exposición, el uso de equipos informáticos y pantallas de visualización. Con el tiempo, esta disciplina evolucionó para abordar no solo la eficiencia en el trabajo, sino también el bienestar y la seguridad de los trabajadores, incorporando técnicas de prevención para identificar riesgos ergonómicos [8].

Para realizar evaluaciones ergonómicas en puestos de trabajo donde existan largas horas de exposición a computadores, el uso de gadgets tecnológicos y otros dispositivos electrónicos, el método ROSA (Rapid Office Strain Assessment) es considerado como la mejor herramienta de evaluación para riesgos ergonómicos en trabajadores de oficina de manera rápida y práctica, permite identificar factores de riesgo que pueden provocar trastornos musculoesqueléticos, este método considera algunos puntos como: la postura del trabajador, las condiciones del puesto de trabajo, la altura de la pantalla de visualización, posición del teléfono, teclado, mouse, si existe soporte lumbar y otras características del asiento del trabajador y adicional el tiempo de exposición [9].

Para identificar las dolencias y trastornos musculoesqueléticos en los trabajadores administrativos, esta investigación utilizó el Cuestionario Nórdico Musculoesquelético, también conocido como el Cuestionario Nórdico de Kuorinka. Esta herramienta permitió cuantificar y analizar las molestias musculoesqueléticas experimentadas por el personal administrativo de la Universidad Nacional de Chimborazo, proporcionando una visión clara de las áreas corporales más afectadas dentro de la población de estudio.

El objetivo de esta evaluación ergonómica es identificar los factores de riesgo en los puestos de trabajo mediante la aplicación del Cuestionario Nórdico, el cual permite detectar la presencia de síntomas musculoesqueléticos en los empleados y mediante el método ROSA (Rapid Office Strain Assessment) evaluar las condiciones ergonómicas del entorno laboral, con el fin de determinar los riesgos potenciales, sugerir mejoras que minimicen el nivel de riesgo y mejoren el desempeño del personal administrativo.

Esta investigación se enfoca en la evaluación de los riesgos ergonómicos del personal administrativo en los departamentos del Vicerrectorado de Investigación, Vinculación y Posgrado de la Universidad Nacional de Chimborazo, con el fin de identificar factores de riesgo ergonómicos que se relacionen con trastornos musculoesqueléticos. Conocer las condiciones laborales a las que

están expuestos los trabajadores y puedan estar afectando a su salud física, en especial las posturas forzadas durante su jornada laboral, uso de equipos informáticos y analizar si existen condiciones ergonómicas inadecuadas, buscando obtener resultados que permitan proponer medidas preventivas que minimicen la aparición de las dolencias musculoesqueléticas, mejorar las condiciones de los puestos de trabajo y la productividad del personal.

2. Materiales y métodos

El presente estudio es de tipo descriptivo, con un diseño no experimental, la técnica de investigación utilizada fue la observación debido a que de esta manera se obtuvo información instantánea de la prevalencia de trastornos musculoesqueléticos y las condiciones ergonómicas en las áreas a evaluar. En la primera fase, se realizó la identificación de los puestos de trabajo administrativos en los departamentos del Vicerrectorado de Investigación, Vinculación y Posgrado de la Universidad Nacional de Chimborazo. Esto permitió tener una visión más clara de las condiciones ergonómicas del personal a evaluar y planificar el levantamiento de información para esta investigación.

En la segunda fase, se aplicó el Cuestionario Nórdico de Kuorinka para la estandarización de la percepción de síntomas musculoesqueléticos, con el fin de identificar los factores de riesgo ergonómico a los que estaban expuestos los trabajadores. Este cuestionario se administró a 68 trabajadores administrativos distribuidos en 12 puestos de trabajo, de manera presencial y con la autorización previa de cada participante. Fue un estudio de campo debido a que los datos fueron recopilados en el lugar de trabajo de cada colaborador, con el fin de observar de manera directa las actividades del personal administrativo y las condiciones del ambiente de trabajo, lo que facilitó la identificación y el análisis de los trastornos musculoesqueléticos que afectan a los colaboradores.

2.1. Cuestionario nórdico estandarizado de síntomas musculoesqueléticos de kuorinka.

Es una herramienta estandarizada para la detección y análisis de síntomas musculoesqueléticos. Se aplica en estudios ergonómicos y de salud ocupacional, con el objetivo de identificar síntomas iniciales que aún no han evolucionado a una enfermedad o que no han motivado la búsqueda de atención médica. Su valor reside en proporcionar información que permite estimar el nivel de riesgos de manera proactiva y actuar de forma temprana en la evaluación de diversas regiones del cuerpo[11].

2.1.1. Contenido del cuestionario

El cuestionario nórdico está estructurado con preguntas de opción múltiple que pueden aplicarse de dos formas diferentes. La primera es autoadministrada, donde la persona encuestada responde sola, sin la presencia de un entrevistador. La segunda forma es mediante un entrevistador, como parte de una entrevista. Las preguntas se centran en la mayoría de los síntomas que se detectan con frecuencia en diversas actividades laborales.

El Cuestionario Nórdico permite recopilar información detallada sobre la presencia de dolencias, fatiga y molestias en diversas zonas del cuerpo, como el cuello, los hombros, las extremidades superiores, la espalda baja, la espalda alta y las extremidades inferiores. Cada sección del cuestionario incluye preguntas diseñadas para que los participantes indiquen la presencia de síntomas, su frecuencia y la gravedad experimentada en un período de 12 meses o en la última semana. Además, el cuestionario evalúa si los síntomas afectan la capacidad del trabajador para realizar sus actividades diarias, proporcionando un panorama integral sobre el impacto de los trastornos musculoesqueléticos[11].

Este instrumento facilita la evaluación precisa de las áreas corporales más afectadas, proporcionando información clave para detectar posibles riesgos ergonómicos. Además, su uso permite generar datos comparables que pueden ayudar a tomar decisiones informadas sobre la prevención de trastornos musculoesqueléticos, mejorando tanto la salud de los trabajadores como la productividad laboral.

La aplicación del Cuestionario Nórdico Musculoesquelético facilitó la obtención de información detallada sobre las dolencias reportadas por los colaboradores, así como una comprensión más profunda de las condiciones laborales que llevan a cabo en su jornada laboral, además conocer la frecuencia de solicitudes de descanso por molestias osteomusculares que habían reportado los trabajadores.

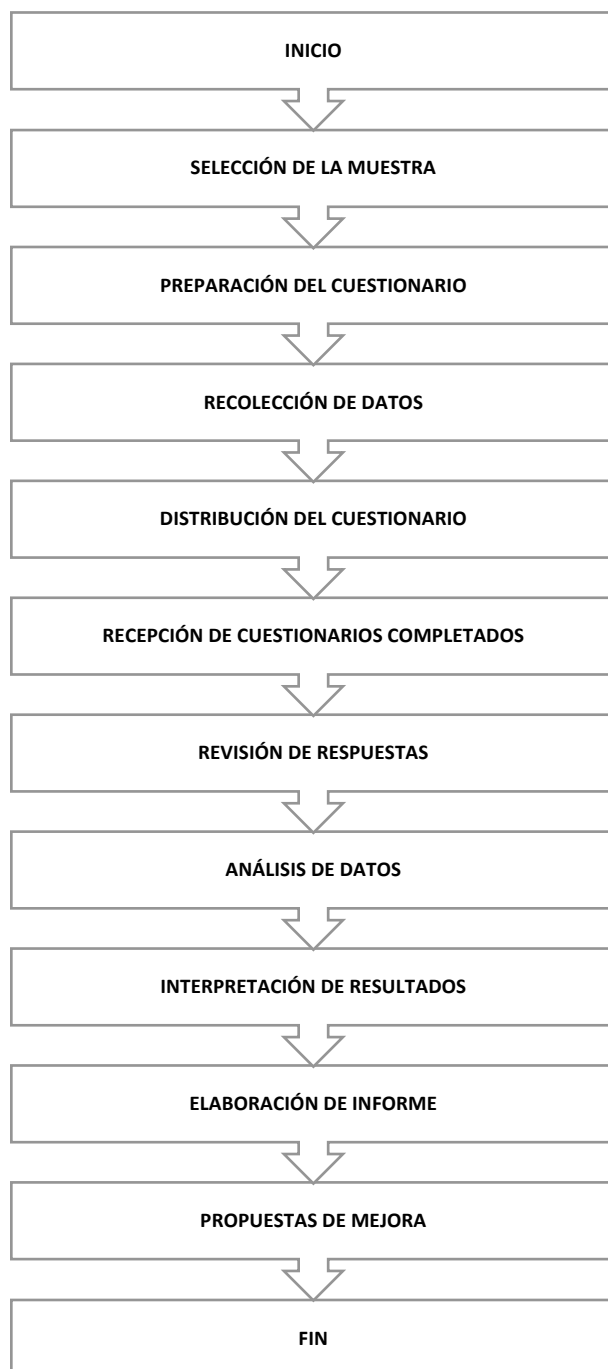


Figura 1. Diagrama de flujo de la aplicación del Cuestionario nórdico estandarizado de síntomas musculoesqueléticos de kuorinka.

En la figura 1 podemos observar los pasos para la recolección de datos mediante la aplicación del cuestionario nórdico de Kuorinka, inicialmente se seleccionan los participantes del personal administrativo de las áreas de Vinculación, Vicerrectorado y Dirección de Postgrado. Antes de la aplicación, se realizó una charla informativa en la que se explicó detalladamente el propósito del estudio y el contenido del cuestionario, con el objetivo de asegurar la correcta interpretación de las preguntas por parte de los participantes. Tras la recolección de las respuestas, los datos fueron organizados y procesados para su análisis estadístico, con el fin de identificar los trastornos musculoesqueléticos prevalentes. Finalmente, los resultados obtenidos fueron revisados para proponer acciones correctivas y preventivas en las áreas afectadas.

2.2. Método ROSA

En la tercera fase se aplicó el método ROSA (Rapid Office Strain Assessment), a la población de estudio, permitiendo conocer el nivel de riesgo que está expuesto cada colaborador, estos datos fueron obtenidos a medida que se iba realizando el levantamiento de datos de manera presencial con cada uno de las personas que conformaban el personal administrativo de las áreas antes mencionadas, dando prioridad en conocer la condición del mobiliario de cada puesto de trabajo y las posturas que adoptan mientras realizan sus actividades laborales, movimientos corporales durante la jornada laboral para de esta manera poder diagnosticar si está expuesto a un factor de riesgo ergonómico y evaluar de manera adecuada cada elemento.

La metodología que emplea el método ROSA (Rapid Office Strain Assessment), es analógica debido a que basa su análisis en la comparación y observación en una postura determinada con la ayuda de un conjunto de tablas y de puntuaciones que sirven para la evaluación mediante una escala numérica, se relacionan con la molestia o malestar de la persona evaluada, en comparación a las condiciones adecuadas o ideales a las que la persona debería desempeñar su trabajo. Este método realiza una minuciosa evaluación por elementos que conforman el puesto de trabajo de cada persona, donde considera la posición de la pantalla, mouse óptico, silla, teléfono y de esta manera conocer las condiciones de trabajo de los puestos administrativos[12].

Este método evalúa individualmente cada uno de los elementos previamente mencionados, asignando una calificación según criterios que varían entre 1 y 3, donde 1 indica mayor proximidad a la postura o posición ideal propuesta por el método, y 3 indica mayor desviación. Además, existen factores adicionales que pueden incrementar la puntuación, como, por ejemplo, si la silla no cuenta con ajuste de respaldo o altura, lo que añade un punto (+1). También se considera el tiempo de uso diario de cada componente evaluado, lo cual puede influir en la calificación de cada parte evaluada. El resultado final es un puntaje total que oscila entre 1 y 10, basado en la suma de los elementos evaluados, guiándose por las tablas establecidas en el método ROSA [12].

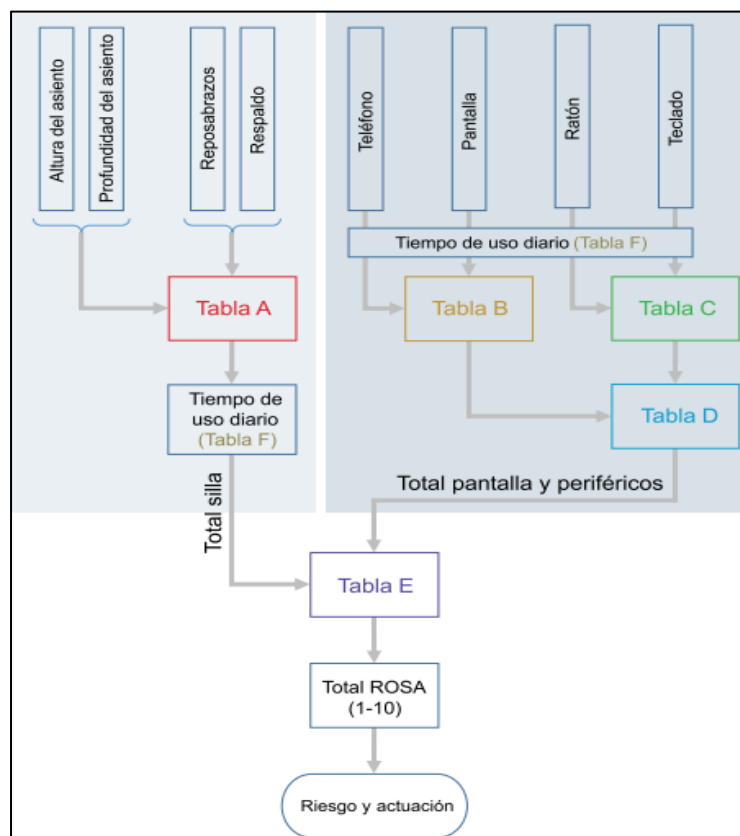


Figura 2. Diagrama de flujo con los factores y las tablas necesarios para la aplicación del método ROSA[12].

El diagrama de flujo que se muestra en la **figura 2**, indica los factores y las tablas necesarias para la aplicación del método ROSA, el mismo que detalla cada etapa del proceso de evaluación ergonómica, empezando desde la identificación de los componentes del puesto de trabajo hasta la asignación de puntajes según la postura, el tiempo de uso y las características del mobiliario, conforme a las directrices de aplicación del método.

Tabla 1. Indicador del nivel de riesgo del método ROSA.

PUNTUACIÓN	RIESGO	NIVEL	ACCIÓN
1	Inapreciable	0	No es necesario actuar
2 – 3 – 4	Mejorable	1	Algunos componentes pueden ser mejorados.
5	Alto	2	Es necesario actuar.
6 – 7 – 8	Muy Alto	3	Es necesario actuar cuanto antes.
9 – 10	Extremo	4	Es necesario actuar de manera urgente.

En la tabla 1 se presentan los distintos niveles de riesgo utilizados en la evaluación ergonómica, estos varían desde un riesgo inapreciable hasta un riesgo extremo, clasificando de una manera clara la forma de valorar las condiciones en las que el trabajador desempeña sus actividades laborales en el puesto de trabajo. Al tener un rango definido, es más fácil identificar donde se deben enfocar las áreas a mejorar e implementar medidas correctivas específicas, para poder reducir los factores de riesgo ergonómicos que puedan comprometer la salud y el bienestar de los colaboradores. Con esta metodología se garantiza la evaluación integral y de forma estructurada de los riesgos ergonómicos.

3. Resultados

Los resultados de esta investigación, obtenidos mediante la aplicación del cuestionario nórdico de Kuorinka, permitieron analizar las dolencias musculoesqueléticas que los trabajadores habían experimentado en el último año. Este cuestionario es una herramienta eficaz para recopilar información sobre molestias en diferentes áreas del cuerpo, principalmente aquellas asociadas a posturas prolongadas durante la jornada laboral. El análisis de los datos destacó las zonas del cuerpo más afectadas, lo que facilita la identificación de riesgos ergonómicos y orienta a buscar estrategias preventivas para minimizar la aparición de trastornos musculoesqueléticos.

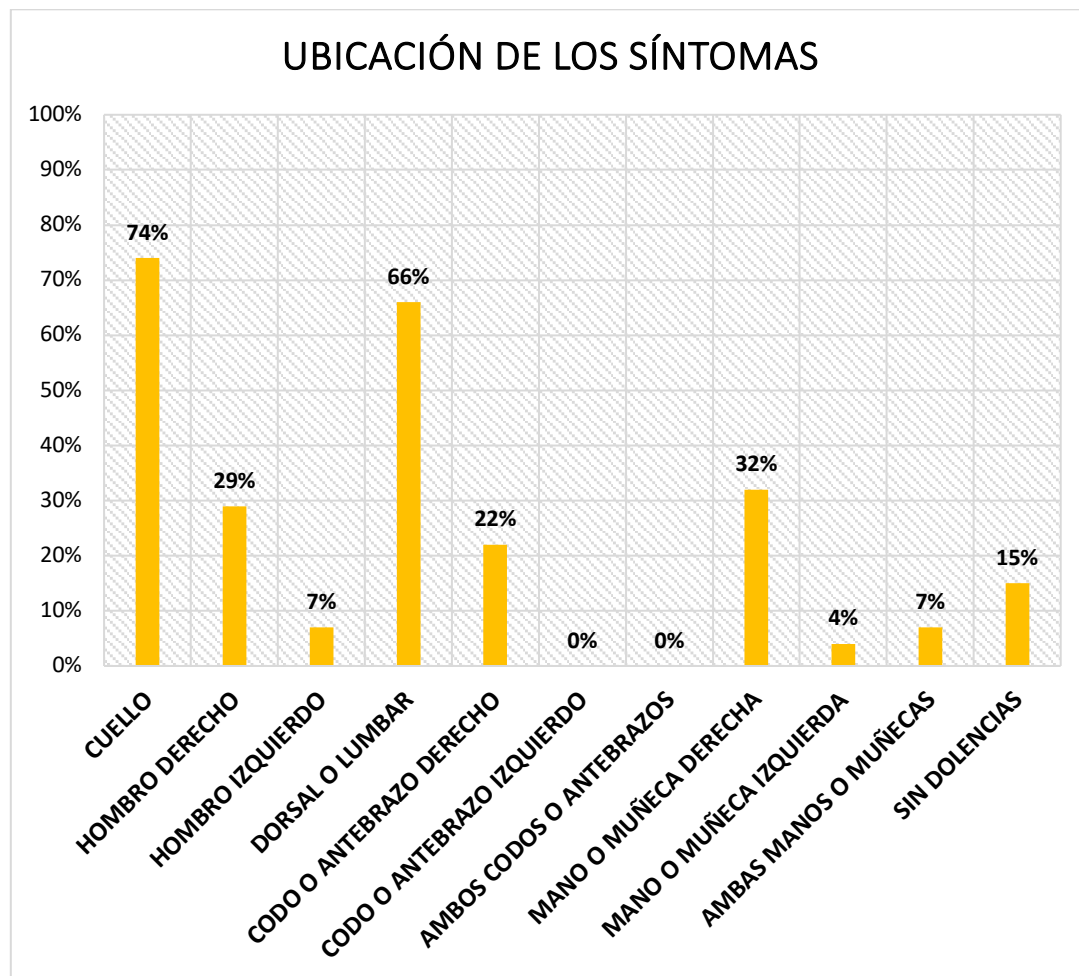


Figura 3. Resultados obtenidos en la aplicación del cuestionario Nórdico de Kuorinka en el personal de la Universidad Nacional de Chimborazo.

En la figura 3 se presentan de manera porcentual los resultados obtenidos en la aplicación del cuestionario Nórdico de Kuorinka al personal administrativo de la Universidad Nacional de Chimborazo. Los datos revelan que un 74 % de los trabajadores presentan dolor en la zona del cuello, mientras que un 66% experimentan molestias en la región dorsal o lumbar. Un 15% del personal administrativo no presenta ninguna dolencia. Los datos obtenidos indican la importancia de implementar medidas preventivas y ergonómicas en cada uno de los puestos de trabajo evaluados.

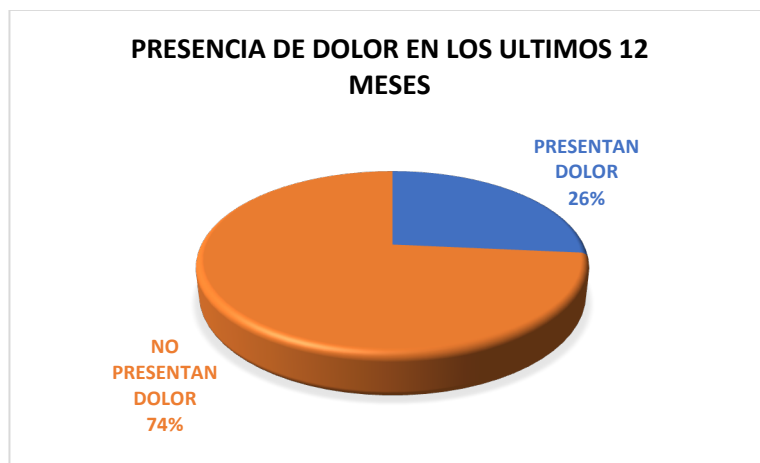


Figura 4. Resultados del personal administrativo qué ha presentado dolor en los últimos 12 meses.

En el estudio realizado, se obtuvo que un 26 % del personal administrativo ha experimentado dolor en las regiones del cuerpo antes indicadas en la figura 3 durante los últimos 12 meses. Un 74% no ha reportado malestar en un periodo de tiempo de 12 meses. Estos datos obtenidos resaltan la importancia de dar seguimiento a los factores de riesgo que contribuyen a la aparición de las molestias con el fin de implementar estrategias preventivas y correctivas que promuevan mejores condiciones laborales.

El personal administrativo evaluado en el transcurso de los últimos 12 meses, durante la encuesta, proporcionaron los siguientes datos basados en su experiencia en la jornada laboral de 8 horas diarias durante su tiempo de trabajo en la institución. En cada uno de los puestos de trabajo de oficina existen diferentes causas que han desencadenado las dolencias musculoesqueléticas en los colaboradores, las mismas que se presentan en la siguiente figura

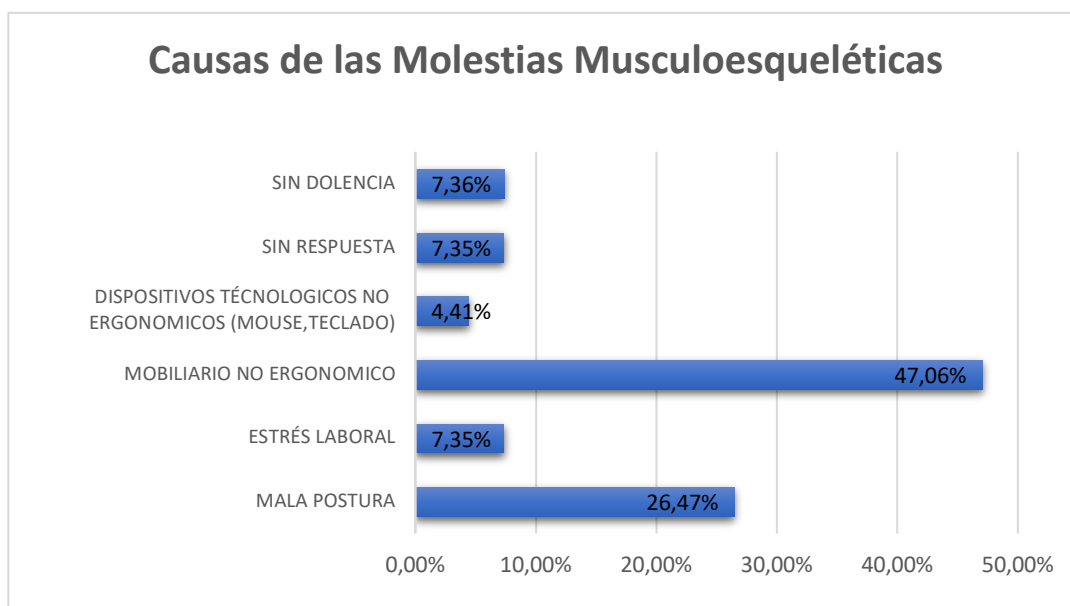


Figura 5. Resultados causas de las molestias musculoesqueléticas en el personal administrativo evaluado.

Los resultados han reportado la presencia de dolencias musculoesqueléticas, donde los principales factores que se han identificado, en base al total de 68 encuestados, tenemos con un 47.06 % que la presencia de dolencias musculoesqueléticas es por no contar con mobiliario

ergonómico en la mayoría de los puestos de trabajo. El 26.47% atribuye a una mala postura o conocida también como postura forzada la misma que el trabajador opta al no tener un entorno de trabajo diseñado para sus condiciones, por ende, el trabajador toma posturas que no son naturales ni cómodas a lo largo de la jornada laboral.

El análisis de los resultados porcentuales muestra que el síntoma musculoesquelético más crítico es el dolor en la zona dorsal-lumbar, con una intensidad moderada que afecta al 66% del personal evaluado. Este malestar se asocia principalmente a la falta de mobiliario ergonómico presente en el 47.06% de los casos. Al considerar también la exposición prolongada de los trabajadores a estas condiciones, se obtiene una visión más clara sobre dónde se deben enfocar las mejoras y qué acciones son necesarias para reducir de manera significativa los riesgos ergonómicos en esta área. Estos hallazgos surgen de la aplicación del cuestionario nórdico de Kuorinka, combinado con el análisis de las condiciones laborales de cada puesto de trabajo evaluado.

Para la evaluación de riesgos ergonómicos mediante el método ROSA, se analizaron 12 puestos de trabajo, donde se consideró la estación de trabajo del colaborador, el uso de computador de escritorio o computador portátil como elemento principal para desarrollar sus tareas diarias en su horario laboral. Los resultados se presentan en la tabla 2, donde se detallan las puntuaciones obtenidas en base al puesto de trabajo o el cargo que desempeña el personal, mediante la aplicación del diagrama de flujo con los factores y las tablas necesarios para la correcta aplicación de esta herramienta.

Tabla 2. Nivel de riesgo evaluación del método ROSA personal administrativo.

Puesto de trabajo	Tabla A	Tabla B	Tabla C	Tabla D	Tabla E	Final	Riesgo	Nivel
Dirección de posgrado	3	4	5	5	5	5	Alto	2
Asistente ejecutivo de autoridades.	8	4	6	6	6	8	Muy alto	3
Secretaria de posgrado	7	2	3	3	7	7	Muy alto	3
Vicerrector académico	2	2	3	3	3	3	Mejorable	1
Secretaria de vicerrector	5	3	5	5	5	5	Alto	2
Asistente de vicerrector	3	3	3	3	3	3	Mejorable	1
Director de vinculación	5	4	6	6	6	6	Muy alto	3
Secretaria de vinculación	7	2	5	5	7	7	Muy alto	3
Coordinador maestría	8	2	5	5	8	8	Muy alto	3
Asistente de maestría	8	3	5	5	8	8	Muy alto	3
Técnico de apoyo vinculación	8	5	5	5	8	8	Muy alto	3

Técnico de apoyo a procesos	8	7	7	7	8	8	Muy alto	3
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	----------	---

Una vez obtenido los resultados de cada uno de los puestos de trabajo evaluados mediante el método ROSA, se realizó el respectivo análisis considerando los niveles de riesgo que nos proporciona la tabla 2. De acuerdo con lo evaluado, existe un nivel de riesgo 1 que determinó el 16.7 % con un riesgo mejorable, mientras que 2 puestos de trabajo superan un puntaje de 5, lo que indica que hay un 16.7 % que tienen un riesgo alto, siendo estos prioritarios para tomar acciones correctivas. El 66.6 % de los puestos de trabajo evaluados presenta un nivel de riesgo muy alto, lo que indica que es necesario tomar acciones urgentes para mejorar las condiciones ergonómicas. Se debe intervenir de manera inmediata para mejorar las condiciones de los puestos de trabajo y minimizar el impacto de las dolencias musculoesqueléticas.

A partir del análisis de los resultados las medidas a implementar deben concentrarse en los valores más críticos que se obtuvieron en la aplicación de este método de evaluación ergonómica, las puntuaciones individuales de la silla y de los periféricos que son pantalla, teléfono, mouse y teclado, de esta manera se debe gestionar acciones correctivas enfocadas en disminuir estos valores individuales. Adicional se debe capacitar al personal administrativo, sobre temas ergonómicos como posturas forzadas y la importancia de incorporar pausas activas en la rutina diaria con el fin de cuidar su salud.

Como medidas generales para reducir el impacto de la exposición al factor de riesgo evaluado por el método ROSA, se recomienda enfocarse en el diseño del entorno laboral, capacitación, concientización sobre las buenas prácticas ergonómicas, y la mejora del mobiliario. Es importante destacar que las acciones correctivas pueden realizarse a corto y largo plazo, dependiendo de la complejidad y magnitud de las acciones.

A continuación, se presenta la tabla 3 con recomendaciones que ayudan a disminuir el nivel de riesgo ergonómico al personal expuesto a pantallas de visualización de datos en entornos de oficina, con el objetivo de mejorar su bienestar y prevenir futuras dolencias musculoesqueléticas.

Tabla 3. Medidas generales para disminuir el nivel de riesgo ergonómico.

Factor	Recomendación	Resultado
Entorno laboral	-Espacio suficiente para poder mover las piernas.	-Disminuye el riesgo de optar malas posturas.
	-Estaciones de trabajo acordes a la actividad laboral.	-Reduce el riesgo de trastornos musculoesqueléticos
	-Alternancia entre estar de pie y sentado	
Capacitación y concientización.	-Capacitar sobre la importancia de una buena postura.	-Concientización sobre las prácticas ergonómicas.
	-Forma correcta de ajustar el puesto de trabajo a las condiciones del usuario.	-Disminuye la fatiga muscular y mejora la concentración en la jornada laboral.

Promoción de pausas activas	- Pausas activas y ejercicios de estiramiento. - Romper la monotonía de estar sentado por largos periodos de tiempo	- Permite variar la postura y disminuir el riesgo de dolencias. - Previene la fatiga muscular y visual. - Mejora el desempeño de la persona, mayor concentración.
Periféricos	- Colocar la pantalla a nivel de ojos. - Colocar la pantalla entre 50 y 70 cm de distancia. - Ajustar mouse y teclado en posición que mantengan los codos a un ángulo de 90°. - Usar manos libres para conferencias o llamadas.	- Disminuye la tensión entre mano y muñeca. - Menora la fatiga visual - Mejora la postura lumbar - Reduce los movimientos repetitivos de cuello y espalda.
Mobiliario	- Usar sillas ergonómicas con soporte lumbar ajustable. - Silla con altura ajustable que permita mantener los pies en el suelo. - Silla con apoyabrazos de material suave. - Sillas ergonómicas con apoyacabeza.	- Previene la fatiga muscular. - Reduce el riesgo de dolencias musculoesqueléticas. - Disminuye el factor de riesgo ergonómico. - Mejora la flexibilidad y previene la postura forzada. - Menora el riesgo de lesión dorsal o lumbar.

4. Discusión

El presente estudio se realizó para evaluar objetivamente los riesgos ergonómicos a los que está expuesto el personal administrativo de los departamentos de Vicerrectorado de Investigación, Vinculación y Posgrado de la Universidad Nacional de Chimborazo. Se encontró que el 26% de los colaboradores realiza sus actividades laborales con alguna dolencia musculoesquelética. Aunque existen varios métodos para realizar evaluaciones ergonómicas que no siempre son tomadas en cuenta, con el pasar del tiempo las personas tienden a adquirir dolencias musculoesqueléticas mientras desarrollan sus actividades laborales, estos hallazgos son de gran ayuda porque indican que existe una proporción considerable de personal que presenta problemas de salud relacionados a su entorno de trabajo.

La aplicación del cuestionario nórdico de Kuorinka proporcionó datos relevantes sobre la existencia de dolencias en los colaboradores, en especial en la zona dorsal-lumbar, que resultó ser una de las áreas más afectadas. Este dato se complementó mediante el análisis ergonómico por medio del método ROSA (Rapid Office Strain Assessment), donde se observó la existencia de una relación directa entre la dolencia reportada a consecuencia de las deficiencias en mobiliario ergonómico. Un 47.06 % de los casos de malestar se atribuye a esta causa y a la falta de un diseño del espacio de trabajo que se ajuste a las necesidades individuales de cada colaborador.

Al comparar los resultados obtenidos en nuestro estudio con la investigación denominada "Relación del dolor musculoesquelético y la postura laboral en personal administrativo de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga", se logra apreciar una tendencia similar en cuanto a las áreas corporales más afectadas por los trastornos musculoesqueléticos en personal

administrativo. En el estudio de referencia con una muestra de 60 trabajadores, reportó un 67% de participantes que indicaban molestias en la región del cuello, mientras que en nuestra investigación este porcentaje aumentó al 74%, teniendo esta zona corporal como la más crítica. Estos resultados podrían estar asociados al aumento de uso de dispositivos electrónicos, lo cual ha influido a tomar posturas forzadas y prologadas, tal como ha sido señalado en esta investigación [5].

Los porcentajes de dolor en la zona dorsal-lumbar se pueden comparar entre ambos estudios, el antes mencionado reportó un 57% de participantes con molestias en esta región, mientras que en nuestro estudio proporciona un 66%, lo que confirma la alta incidencia de factores de riesgo ergonómicos que afectan esta área corporal. Además, un 47.06 % de los encuestados identifica el uso del mobiliario no ergonómico como una de las causas más relevantes a sus dolencias. Este hallazgo se relaciona por la falta de una silla ergonómica que adapte a las características de la persona.

Por otra parte, las dolencias reportadas en el área de las muñecas y manos no tienen porcentajes elevados. Es importante intervenir con la incorporación de teclados, mouse ergonómicos, que se conoce han tenido un impacto positivo en la reducción de las dolencias musculoesqueléticas en estas áreas.

Se identifica zonas con un bajo grado de malestar, como el codo, antebrazo y hombro. Pese a que los resultados obtenidos reflejan una incidencia baja, no se debe subestimar la exposición a riesgos ergonómicos. Si no se implementan medidas preventivas adecuadas, estas áreas pueden verse afectadas de manera progresiva, incrementando el riesgo de desarrollar problemas musculoesqueléticos.

La principal razón para aplicar el Cuestionario Nórdico de Kuorinka en este estudio fue identificar las condiciones de trabajo del personal administrativo, especialmente en lo que respecta a la prevalencia de trastornos musculoesqueléticos (TME). Esta herramienta resulta clave para identificar de manera directa los síntomas reportados por los trabajadores, permitiendo un diagnóstico inicial sobre las áreas corporales más afectadas. Posteriormente, el estudio incluyó la evaluación mediante el método de análisis ergonómico ROSA (Rapid Office Strain Assessment) para obtener una visión más técnica y cuantitativa de los riesgos ergonómicos presentes en los puestos de trabajo. El método ROSA permitió identificar de manera específica las características del mobiliario, la postura y el equipo utilizado, aportando datos concretos sobre el nivel de riesgo ergonómico.

La investigación de Estrada A, establece una relación entre los trastornos musculoesqueléticos que el personal aqueja con el espacio de trabajo y las condiciones en las que se realiza la actividad laboral. Considera necesario aplicar un estudio psicosocial para poder tener un resultado más completo, relacionando las dolencias con factores psicológicos y sociales, debido a que pueden existir cargas emocionales en los trabajadores y estas pueden influir significativamente. Nuestra investigación corrobora este dato debido a que el 7.35% del personal indica el estrés laboral como una de las principales causas de sus molestias [7].

Todos estos hallazgos que se observaron en la investigación aportan significativamente en la prevención de riesgos ergonómicos y ayudan en la reducción de dolencias musculoesqueléticas. También fomentan la necesidad de realizar capacitación y concientización al personal administrativo sobre la ergonomía, enfatiza la necesidad de gestionar acciones correctivas y preventivas que ayuden a mejorar las condiciones laborales, enfocadas en la comodidad, salud y desempeño del trabajador, así también la importancia de realizar estrategias a corto y largo plazo que ayuden a incrementar la productividad del personal y cuidar su salud.

5. Conclusión

La evaluación ergonómica permitió levantar información importante de las dolencias musculoesqueléticas a las cuales estaban sometidos varios trabajadores y los factores de riesgo asociados a los diferentes puestos de trabajo. Se detectaron 8 puestos de trabajo con un nivel de riesgo ergonómico alto, lo que indica la importancia de implementar estrategias correctivas basadas en los resultados específicos obtenidos en la aplicación del método ROSA (Rapid Office Strain Assessment). Al reducir el valor de cada una de las variables evaluadas por este método, es posible disminuir el nivel de riesgo ergonómico a un rango más aceptable. Es importante la implementación de un programa de pausas activas en horarios establecidos, además, la concientización de los empleados acerca de optar posturas adecuadas y mejorar los hábitos dentro del entorno laboral.

La importancia de conocer los trastornos musculoesqueléticos en el personal administrativo radica en que estos actúan como indicadores clave de la presencia de factores de riesgo ergonómicos. La combinación entre el cuestionario nórdico de Kuorika con el método ROSA, ha demostrado ser una herramienta confiable y eficaz en la obtención de datos. Complementado con un correcto análisis, se ha logrado obtener resultados íntegros para proponer medidas generales que se enfoquen en mejorar las condiciones ergonómicas y la productividad laboral.

Además, la exposición prolongada a posturas incorrectas o movimientos repetitivos durante la jornada laboral provoca trastornos musculoesqueléticos (TME) que afectan la concentración y el rendimiento de los trabajadores. Por ello, reducir los riesgos ergonómicos en cada puesto de trabajo contribuye a que exista menor probabilidad de que el trabajador pueda sufrir una enfermedad profesional y desarrolle su jornada laboral sin dolencias. Por este motivo se ha propuesto la tabla 3 denominada medidas generales para disminuir el nivel de riesgo ergonómico.

Contribución de autores: Los autores participaron en todos los apartados del documento.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. Mamani Hualpa, R.S. *Impacto de La Ergonomía En La Productividad, Una Revisión Sistemática Entre Los Años 2016 – 2021*. Qantu Yachay 2021, 1, 46–50, doi:10.54942/qantuyachay.v1i1.6.
2. Puig Aventin, V.; Gallego Fernández, Y.; Moreno Moreno, M.P. *Prevención de Trastornos Musculoesqueléticos Mediante La Mejora de Hábitos Posturales: Experiencia En El Colectivo de Limpieza*. Arch Prev Riesgos Labor 2020, 23, 164–181, doi:10.12961/apr.2020.23.02.04.
3. Medina-Chacón, E.R. *Evaluation of Disergonomic Risks in Small and Medium-Size Enterprises (SMES) in Bogotá*. DYNA (Colombia) 2020, 87, 98–104, doi:10.15446/dyna. v87n213.83207.
4. MEDIAVILLA PAREDES, D.M. *EVALUACIÓN ERGONÓMICA DEL ÁREA ADMINISTRATIVA-MUNICIPIO DE COTACACHI MEDIANTE, CUESTIONARIO NÓRDICO Y MÉTODO ROSA.*; TULCÁN, 2022;
5. LLAMUCA CARRERA, B.E. *RELACIÓN DEL DOLOR MUSCULOESQUELÉTICO Y LA POSTURA LABORAL EN PERSONAL ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA*. UNIVERSIDAD REGIONAL AUTÓNOMA DE LOS ANDES "UNIANDES" 2022, 1, 1–29.
6. MINISTERIO DE SALUD PUBLICA DEL ECUADOR "Política Nacional de Salud En El Trabajo 2019 – 2025." 2019, 1, 1–126.
7. Estrada Uribe, A.M. *Aplicacion Del Cuestionario Nórdico Para El Analisis de Síntomas Musculo Esqueleticos En Trabajadores Del Cuerpo Técnico de La Policía Judicial*. Universidad de Rosario 2014, 1–27.
8. Caroly, S.; Weissbrodt, R. *LA ERGONOMIA ANTE EL CAMBIO GLOBAL: ¿QUE MODELOS DE*

- ERGONOMIA? *Laboreal* 2023, 19, doi:10.4000/laboreal.20360.
9. Díaz, A.M.; Ruminó, P.W.; Purihuamán Nazario, L.C. *Diseño Ergonómico a Través Del Método ROSA En Oficinas Para El Incremento de La Productividad*; Chimbote-Perú, 2021;
 10. Viñas Libreros, J.; Pérez Galicia, T.; Lara Ramírez, E. *EVALUACIÓN DE LA HIGIENE POSTURAL A TRAVÉZ DE LA APLICACIÓN DEL CUESTIONARIO NÓRDICO MÚSCULO ESQUELÉTICO EN LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE VERACRUZ*. *UNIVERSCIENCIA* 2019, 17, 19–32.
 11. *Yo Kuorinka; B Jonsson; Un Kilbom; H. Vinterberg; F. Biering-Sørensen; G. Andersson; K. Jorgensen Cuestionario Nórdico*; 1987;
 12. *Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P. Modelo Para La Evaluación de Puestos de Trabajo En Oficina: Método ROSA (Rapid Office Strain Assessment)*.; ESPAÑA, 2022;



© 2024 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

Sostenibilidad en el Turismo: Un Análisis de Prácticas Responsables en Destinos Naturales.

Daniela Zulay Tapia Ramos ¹  Jenny Pricila Urgiles Ortiz ¹  María Germania Gamboa ¹ 

¹ Universidad Estatal Amazónica, Centro de Investigación, Santa Clara, Pastaza EC160150, Ecuador.



Correspondencia: dz.tapiar@uea.edu.ec



+ 593 0985187696

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj73177>

Resumen: La sostenibilidad en el turismo es un aspecto crucial que busca equilibrar el desarrollo económico, la conservación del medio ambiente y el bienestar social. Este artículo analiza prácticas responsables implementadas en diversos destinos turísticos, utilizando una metodología de revisión bibliográfica que recopila y examina fuentes sobre la gestión sostenible de recursos en el sector. El objetivo principal de este estudio es evaluar el impacto de estas prácticas en el entorno y las comunidades locales, subrayando la importancia de la sostenibilidad en el desarrollo turístico. Los resultados indican que se han adoptado medidas efectivas de gestión, como la eficiencia energética, el uso sostenible del agua y la minimización de residuos, lo que contribuye a reducir la huella ecológica. Además, se observa un impacto positivo en las comunidades locales, tanto a nivel económico como social, mediante la creación de empleo y el fortalecimiento de la identidad cultural. Estos hallazgos resaltan la relevancia de la educación y sensibilización sobre el turismo responsable, así como la necesidad de un compromiso continuo con la sostenibilidad para enfrentar los desafíos futuros del sector.

Palabras claves: Sostenibilidad; turismo responsable; gestión de recursos; comunidades locales; prácticas responsables.

Sustainability in Tourism: An Analysis of Responsible Practices in Natural Destinations.

Abstract: Sustainability in tourism is a crucial aspect that seeks to balance economic development, environmental conservation and social welfare. This article analyzes responsible practices implemented in various tourism destinations, using a literature review methodology that compiles and examines sources on sustainable resource management in the sector. The main objective of this study is to evaluate the impact of these practices on the environment and local communities, highlighting the importance of sustainability in tourism development. The results indicate that effective management measures have been adopted, such as energy efficiency, sustainable water use and waste minimization, which contribute to reducing the ecological footprint. In addition, there is a positive impact on local communities, both economically and socially, through job creation and



Check for updates

Cita: Tapia Ramos, Z., Urgiles Ortiz, J. P., & Gamboa, M. G. (2024). Sostenibilidad en el Turismo: Un Análisis de Prácticas Responsables en Destinos Naturales. Green World Journal, 07(03), 177.

<https://doi.org/10.53313/gwj73177>

Received: 28/September/2024

Accepted: 10/October/2024

Published: 16/October/2024

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.



© 2024 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 strengthening of cultural identity. These findings highlight the relevance of education and awareness of responsible tourism, as well as the need for a continued commitment to sustainability to meet the future challenges of the sector.

Keywords: Sustainability; responsible tourism; resource management; local communities; responsible practices.

1. Introducción

En las últimas décadas, el turismo ha experimentado un crecimiento sin precedentes, convirtiéndose en uno de los pilares fundamentales de la economía global. Con millones de personas viajando cada año a destinos de todo el mundo, la industria turística ha generado ingresos significativos y ha creado innumerables empleos. Sin embargo, este crecimiento desmedido ha traído consigo una serie de desafíos que amenazan no solo al medio ambiente, sino también a las comunidades que acogen a los turistas. La sostenibilidad en el turismo se presenta, por tanto, como una respuesta necesaria a estos desafíos, buscando un equilibrio entre desarrollo económico, conservación del medio ambiente y bienestar social [1].

La sostenibilidad en el turismo se refiere a un enfoque que considera el impacto económico, social y ambiental de las actividades turísticas. En lugar de simplemente buscar maximizar beneficios a corto plazo, el turismo sostenible promueve prácticas que garantizan que las generaciones futuras puedan disfrutar de los mismos recursos y experiencias. Este enfoque es esencial en un contexto donde el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la explotación de recursos son preocupaciones cada vez más urgentes [2].

Uno de los pilares del turismo sostenible es la conservación del medio ambiente. Las actividades turísticas, especialmente en áreas frágiles, pueden provocar daños irreversibles a ecosistemas locales. La construcción de infraestructuras, la contaminación y la sobreexplotación de recursos naturales son algunas de las consecuencias negativas del turismo masivo. Por esta razón, implementar prácticas que reduzcan la huella ecológica del turismo es fundamental para proteger nuestros recursos naturales. Esto incluye la adopción de tecnologías limpias, la gestión responsable del agua y la minimización de residuos [3].

En el ámbito económico, el turismo sostenible busca generar ingresos y empleos para las comunidades locales sin comprometer los recursos para las generaciones futuras. Para que un destino turístico sea económicamente sostenible, es esencial que las ganancias generadas se distribuyan de manera justa entre todas las partes interesadas, incluidas las comunidades anfitrionas. Este enfoque no solo mejora la calidad de vida de las personas locales, sino que también contribuye a la estabilidad económica a largo plazo del destino turístico. El turismo responsable no puede medirse únicamente por la cantidad de ingresos generados, sino también por la manera en que esos ingresos se invierten en el desarrollo de infraestructuras, servicios y oportunidades de formación y empleo para la población local [4].

El pilar sociocultural de la sostenibilidad se enfoca en la protección del patrimonio cultural y la promoción de un turismo que respete y valore las culturas locales. El turismo puede tener un profundo impacto en las comunidades anfitrionas, tanto positivo como negativo. Si bien puede generar un intercambio cultural enriquecedor y proporcionar oportunidades económicas, también puede llevar a la erosión de las tradiciones locales, el desplazamiento de las poblaciones y la explotación de la cultura como un mero producto de consumo. En consecuencia, es crucial que los destinos turísticos desarrollen políticas que protejan y preserven las culturas locales, al tiempo que promuevan un diálogo respetuoso entre turistas y comunidades anfitrionas. Los proyectos turísticos sostenibles a menudo incluyen actividades que permiten a los visitantes interactuar con las comunidades locales de manera auténtica, respetuosa y educativa, contribuyendo así a la preservación de las costumbres, lenguas y formas de vida tradicionales [5].

El bienestar social también es un componente crítico de la sostenibilidad en el turismo. Las comunidades locales deben beneficiarse del turismo de manera equitativa. Sin embargo, a menudo, los beneficios económicos del turismo no se distribuyen de manera justa, lo que puede llevar a la explotación de las comunidades y a la pérdida de su cultura e identidad. Fomentar el comercio justo y apoyar a emprendedores locales son estrategias que pueden ayudar a garantizar que el turismo contribuya al desarrollo social y cultural de las comunidades anfitrionas.[6].

Además, la educación y la sensibilización son herramientas clave para promover un turismo más responsable. Tanto los turistas como los operadores turísticos deben estar informados sobre las prácticas sostenibles y la importancia de respetar el medio ambiente y la cultura local. Campañas de concienciación pueden jugar un papel vital en cambiar comportamientos y actitudes hacia un turismo más responsable. La formación de guías turísticos, el uso de materiales informativos y la implementación de códigos de conducta pueden ser medidas efectivas para fomentar un turismo consciente y respetuoso [7].

A pesar de la creciente conciencia sobre la necesidad de sostenibilidad en el turismo, la implementación de prácticas responsables enfrenta múltiples desafíos. La falta de colaboración entre gobiernos, empresas y comunidades locales a menudo limita el impacto de las iniciativas sostenibles. Además, el costo asociado con la transición hacia prácticas más responsables puede ser una barrera significativa, especialmente para pequeñas empresas. Sin embargo, a pesar de estos retos, el creciente interés de los viajeros por experiencias auténticas y sostenibles presenta una oportunidad para transformar la industria [7].

Las innovaciones tecnológicas también ofrecen oportunidades para mejorar la sostenibilidad en el turismo. Desde aplicaciones que ayudan a los viajeros a encontrar opciones de transporte sostenible hasta plataformas que permiten a las empresas medir su impacto ambiental, la tecnología puede facilitar un turismo más responsable [9]. Al proporcionar a los viajeros información sobre sus elecciones y su impacto, la tecnología puede empoderar a los consumidores para tomar decisiones informadas [8]. A pesar de los avances logrados, el turismo sostenible enfrenta numerosos desafíos, especialmente en términos de la gestión de la capacidad de carga de los destinos turísticos y la mitigación de los impactos negativos del turismo masivo [5].

El objetivo de este artículo es analizar y resaltar la importancia de la sostenibilidad en el turismo, explorando las prácticas responsables que pueden implementarse para mitigar el impacto ambiental, social y económico del sector. A través de una revisión de casos y estrategias exitosas, se busca proporcionar una comprensión integral de cómo el turismo sostenible no solo beneficia a las comunidades locales y al medio ambiente, sino que también mejora la experiencia del viajero. Además, el artículo tiene como meta fomentar la sensibilización y la educación sobre el turismo responsable, instando a todos los actores involucrados—gobiernos, empresas y turistas— a adoptar un compromiso firme con prácticas sostenibles que aseguren un futuro viable para la industria turística

2. Materiales y métodos

La presente investigación se basa en una metodología de revisión bibliográfica, la cual consiste en la recopilación, análisis y síntesis de fuentes secundarias sobre sostenibilidad en el turismo. Esta metodología busca identificar y organizar el conocimiento existente en torno a la sostenibilidad turística [10].

La revisión se realizó en diversas bases de datos académicos y repositorios digitales, como

Scopus, Google Scholar, Web of Science y otros, para asegurar una cobertura amplia de fuentes relevantes. Se incluyen tanto artículos científicos, libros, informes técnicos y estudios de caso sobre sostenibilidad en el turismo, como publicaciones específicas sobre las estrategias y prácticas en cuanto a la promoción del turismo responsable. Los criterios de inclusión se centraron en estudios publicados en los últimos 10 años, en español e inglés, que abordan temas relacionados con la sostenibilidad turística, la participación comunitaria, la conservación del medio ambiente y el desarrollo económico en contextos de turismo responsable [11].

Se utilizaron palabras clave como "turismo sostenible", "prácticas responsables en turismo", "desarrollo comunitario en turismo", "sostenibilidad ambiental", "gestión de recursos turísticos", y "impacto del turismo en comunidades locales", con el fin de filtrar las investigaciones más relevantes. Además, se aplicó un enfoque sistemático para seleccionar las fuentes, priorizando aquellas que cumplieron con criterios de relevancia, rigor metodológico y aportación significativa al campo de estudio.

El proceso de revisión bibliográfica incluye varias etapas. Primero, se realizó una búsqueda exhaustiva de documentos utilizando las palabras clave mencionadas. Posteriormente, se llevó a cabo una preselección de estudios relevantes basada en los títulos y resúmenes. Los estudios seleccionados fueron evaluados a fondo, prestando atención a los objetivos, la metodología empleada y los principales hallazgos. De esta manera, se logró obtener una visión integral de las diversas prácticas responsables aplicadas en el turismo y sus efectos en los ámbitos económico, social y ambiental [12].

A lo largo de la revisión, se identifican patrones comunes y discrepancias entre las diversas fuentes, lo que permitió clasificar las prácticas responsables en categorías clave. Entre ellas destacan: la gestión sostenible de recursos naturales, la participación de la comunidad en el turismo, la minimización del impacto ambiental, y la educación y sensibilización tanto de turistas como de operadores turísticos. Estas categorías fueron analizadas a profundidad, contrastando las diferentes perspectivas y estudios de caso presentes en la literatura.

3. Resultados

3.1. Introducción a la sostenibilidad en el turismo

El concepto de sostenibilidad en el turismo se apoya en tres pilares fundamentales: el económico, el social y el ambiental. En primer lugar, el pilar económico aboga por que el turismo proporcione beneficios económicos a largo plazo, no solo para las grandes empresas del sector, sino también para las comunidades locales, promoviendo el desarrollo equitativo y la distribución justa de los ingresos [13]. El segundo pilar, el social, pone el foco en que las actividades turísticas respetan las culturas locales, promueven la participación de las comunidades en la planificación y gestión del turismo y fomentan la equidad social, especialmente en zonas desfavorecidas. Finalmente, el pilar ambiental se refiere a la necesidad de minimizar los impactos negativos del turismo en los ecosistemas y fomentar la conservación de los recursos naturales. Este pilar incluye prácticas como la gestión eficiente del agua y la energía, la protección de la biodiversidad y la reducción de

emisiones de carbono [14].

En este contexto, el turismo responsable y sostenible se posiciona como una necesidad imperante. A través de la promoción de prácticas respetuosas con el medio ambiente y las culturas locales, el turismo puede convertirse en una herramienta de desarrollo sostenible. Ejemplos de turismo responsable incluyen la gestión de destinos turísticos de manera que no se agoten los recursos, la promoción de alternativas como el ecoturismo y la sensibilización de los turistas sobre la importancia de sus comportamientos en los destinos que visitan [15]. El concepto de ecoturismo, una vertiente del turismo sostenible, se centra en actividades turísticas de bajo impacto, en áreas naturales, con el propósito de conservar el entorno y mejorar el bienestar de las comunidades locales [15].

El caso de estudio en la comunidad de Xcalak, en México, ofrece un ejemplo significativo de cómo el turismo sostenible puede impulsar tanto la conservación ambiental como el desarrollo comunitario. A través de la implementación de prácticas de ecoturismo, los habitantes de Xcalak han logrado proteger sus arrecifes de coral y ecosistemas marinos, al tiempo que fomentan la economía local mediante actividades turísticas responsables, como el buceo y el avistamiento de aves [16]. Este enfoque no solo ha reducido la presión sobre los recursos naturales, sino que también ha empoderado a la comunidad al involucrar a sus miembros en la gestión y operación de las iniciativas turísticas. Así, el análisis de las prácticas sostenibles en Xcalak proporciona valiosas lecciones sobre cómo los destinos turísticos pueden equilibrar la conservación del medio ambiente con el bienestar socioeconómico de sus poblaciones [4].

3.2. Impacto de las prácticas sostenibles en las comunidades locales

Uno de los principales impactos es la creación de empleo local. Las prácticas sostenibles fomentan la contratación de personas de la comunidad para cubrir roles dentro del turismo, desde guías hasta trabajadores en hoteles y restaurantes. Este enfoque no solo proporciona empleo, sino que también impulsa el desarrollo de habilidades entre los residentes, mejorando su calidad de vida. Además, cuando se promueve la compra de productos locales, los pequeños agricultores y artesanos ven crecer sus ingresos, lo que fortalece la economía local y mantiene viva la cultura tradicional [17].

A nivel ambiental, las prácticas sostenibles ayudan a preservar los recursos naturales de los cuales depende el turismo. Las comunidades locales, al estar integradas en estos proyectos, juegan un papel clave en la conservación de ecosistemas y paisajes. Esta preservación asegura que los recursos naturales no se sobreexploten, lo que contribuye a la protección del medio ambiente para futuras generaciones [18].

Por otra parte, las prácticas sostenibles también promueven la participación activa de las comunidades en la toma de decisiones relacionadas con el turismo. Al incluir a los líderes locales y pobladores en el proceso de planificación, se garantiza que el desarrollo turístico sea compatible con las necesidades y aspiraciones de la comunidad, evitando impactos negativos y conflictos [19].

3.3. Educación y sensibilización sobre turismo responsable

La educación y sensibilización sobre turismo responsable son aspectos fundamentales para garantizar que el desarrollo turístico sea sostenible y genere un impacto positivo en el medio ambiente, la economía y las comunidades locales. Promover un turismo responsable implica crear conciencia entre los viajeros, las empresas del sector y las comunidades receptoras sobre la importancia de proteger los recursos naturales y culturales mientras se disfrutan de ellos [20].

Una de las formas más efectivas de lograr esto es a través de programas de educación dirigidos a turistas y actores clave en la industria. Estos programas pueden incluir talleres, guías prácticas, campañas en redes sociales y materiales informativos que destaquen buenas prácticas, como la reducción de residuos, el respeto a la fauna y flora local, o el apoyo a la economía local comprando productos y servicios de origen comunitario. De esta manera, los turistas pueden ser conscientes del impacto que sus decisiones tienen en los destinos que visitan y adoptar comportamientos más responsables [21].

Por otro lado, la sensibilización también debe estar dirigida a las comunidades locales y empresas turísticas, promoviendo la adopción de prácticas sostenibles. Esto puede incluir la capacitación sobre gestión de recursos, reducción del uso de plásticos, uso eficiente del agua y la energía, y protección del patrimonio cultural. Las empresas del sector turístico, al implementar políticas y prácticas responsables, pueden contribuir a que el turismo sea una fuerza para el bien, beneficiando tanto a los visitantes como a las comunidades locales [22].

Finalmente, la colaboración entre gobiernos, organizaciones no gubernamentales y empresas es esencial para crear estrategias de sensibilización que se integren de manera efectiva en las políticas de turismo y educación. Al fomentar el turismo responsable mediante la educación y la sensibilización, se contribuye a la conservación de los destinos turísticos y a la mejora de la calidad de vida de las comunidades, garantizando que el turismo siga siendo una actividad viable y sostenible a largo plazo [23].

4. Discusión

El pilar económico del turismo sostenible, que enfatiza la generación de beneficios económicos a largo plazo, es crucial. Los resultados evidencian que las prácticas sostenibles promueven la creación de empleo local y el desarrollo de habilidades, lo que a su vez mejora la calidad de vida de los residentes. Este enfoque es vital en regiones donde las oportunidades laborales son limitadas. Sin embargo, es fundamental que estos empleos sean dignos y ofrezcan una remuneración justa. La inclusión de la comunidad en la gestión del turismo puede ayudar a garantizar que los beneficios económicos se distribuyan equitativamente, evitando que las grandes corporaciones monopolizen los recursos. Así, el turismo puede convertirse en un motor de desarrollo económico inclusivo y sostenible [24].

Desde una perspectiva ambiental, los resultados muestran que las prácticas sostenibles son esenciales para preservar los recursos naturales de los cuales depende el turismo. La participación activa de las comunidades en la conservación de ecosistemas y paisajes es fundamental para asegurar que estas áreas se mantengan saludables y productivas a largo plazo. Sin embargo, es necesario un enfoque que no solo considere la preservación del medio ambiente, sino también su uso responsable. Esto implica implementar políticas que regulen el turismo en áreas frágiles y que promuevan prácticas como el ecoturismo, que busca minimizar el impacto ambiental y maximizar los beneficios para las comunidades locales [25].

La educación y la sensibilización son, sin duda, componentes críticos para lograr un turismo verdaderamente sostenible. Los resultados resaltan la necesidad de programas educativos dirigidos tanto a turistas como a comunidades locales y empresas del sector. Estos programas deben abordar no solo la importancia de la conservación ambiental, sino también las prácticas responsables que los turistas pueden adoptar para minimizar su impacto. La creación de conciencia sobre el consumo responsable, la reducción de residuos y el respeto por la flora y fauna locales puede transformar la manera en que los viajeros interactúan con los destinos [26].

5. Conclusión

La sostenibilidad en el turismo se ha consolidado como una necesidad imperante en el contexto actual, donde el crecimiento desmedido de la industria ha puesto en riesgo tanto los recursos naturales como el bienestar de las comunidades locales. Al basarse en los pilares económicos, sociales y ambientales, el turismo sostenible ofrece un enfoque integral que busca equilibrar los beneficios económicos con la conservación del entorno y el respeto por las culturas locales. Los resultados muestran que, cuando las comunidades son incluidas en la planificación y gestión del turismo, se logra un desarrollo más equitativo que beneficia a todos los involucrados.

Además, la implementación de prácticas responsables no solo protege los ecosistemas, sino que también empodera a los residentes, creando empleos y fomentando el desarrollo de habilidades. Iniciativas como el ecoturismo demuestran que es posible disfrutar de la belleza natural sin comprometer el futuro de las generaciones venideras. Al promover la compra de productos locales y la participación activa de la comunidad, se fortalece la economía local y se preservan las tradiciones culturales, lo que a su vez enriquece la experiencia del viajero.

Por último, la educación y la sensibilización juegan un papel crucial en la transición hacia un turismo más responsable. Al formar tanto a turistas como a actores locales en prácticas sostenibles, se fomenta un comportamiento más consciente que beneficia a todos. La colaboración entre gobiernos, organizaciones y empresas es esencial para crear un marco que apoye la sostenibilidad en el turismo. De este modo, se puede asegurar que esta actividad siga siendo una fuente de ingresos y bienestar, sin comprometer la salud del planeta ni el patrimonio cultural de las comunidades.

Contribución de autores: Los autores participaron en todos los apartados del documento.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. García, J.I.R.; Díaz, M.M. Los Indicadores de Sostenibilidad En El Turismo. *Rev. Econ. Soc. Tur. y Medio Ambient. RESTMA [en línea]* **2007**, 27–62.
2. Serrano-Barquín, R. del C. Hacia Un Modelo Teórico-Metodológico Para El Análisis Del Desarrollo, La Sostenibilidad y El Turismo. *Econ. Soc. y Territ.* **2008**, 8, 313–355.
3. Jiménez, C.C. Turismo Sostenible: Una Revisión Conceptual Aplicada. *El periplo sustentable* **2006**, 5–21.
4. Santos, J.L.Q. Sostenibilidad Sociocultural Del Turismo: Propuestas Para El Cantón Playas. Provincia Del Guayas, Ecuador. *Rev. Espiga* **2016**, 15, 31–43.
5. Bertoni, M. Turismo Sostenible: Su Interpretación y Alcance Operativo. *Cuad. Geogr. Rev. Colomb. Geogr.* **2008**, 155–163.
6. Alférez Villrreal, A. La Participación Social Curricular En La Responsabilidad Social Universitaria: El Caso de La Facultad de Educación de La Universitat Internacional de Catalunya. **2014**.
7. Arboleda, O.H.V. El Nuevo Rol Del Docente Virtual Para Entornos Virtuales de Aprendizaje, "El Caso CEIPA." *Lupa Empres.* **2019**, 1.
8. Andi, G.R.G.; Loján, M.D.C.; Rivera, V.H.G.; Escalada, M. Evaluación de La Implementación Del Sendero Interpretativo Con Enfoque Educativo Del Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica "CEIPA" de La Universidad Estatal Amazónica. *Cienc. Lat. Rev. Multidiscip.* **2024**, 8, 4064–4080.
9. Sancho, A. Introducción Al Turismo. **1994**.
10. Espejo, L.; Apolo, M.D. Revisión Bibliográfica de La Efectividad Del Kinesiotaping. *Rehabilitación* **2011**, 45, 148–158.
11. Gálvez Toro, A. Revisión Bibliográfica: Usos y Utilidades. *Matronas prof* **2002**, 25–31.
12. Gómez-Luna, E.; Fernando-Navas, D.; Aponte-Mayor, G.; Betancourt-Buitrago, L.A. Metodología Para La Revisión Bibliográfica y La Gestión de Información de Temas Científicos, a Través de Su Estructuración y Sistematización. *Dyna* **2014**, 81, 158–163.
13. Fernández Fernández, J.L. El Turismo Sostenible En España: Análisis de Los Planes Estratégicos de Sostenibilidad de Zaragoza y Barcelona. *ROTUR. Rev. ocio y Tur.* **2020**, 14, 94–106.
14. Fernández Fernández, J. El Turismo Sostenible En España: Análisis de Los Planes Estratégicos de Sostenibilidad En El Ámbito Local. **2015**.
15. Manuel Rivera Mateos, L.R.G. Turismo Responsable, Sostenibilidad y Desarrollo Local Comunitario 2019.
16. Pulido Fernández, J.I.; López Sánchez, Y. *Introducción: Gestión Estratégica Sostenible de Destinos Turísticos*; Universidad Internacional de Andalucía, 2013; ISBN 8479932295.
17. Rodríguez, P.D. Turismo de Base Local. Resiliencia, Alternativa Socio-Ambiental y Comunidad. Ruiz-Ballesteros, E.(Ed.). *PASOS Rev. Tur. y Patrim. Cult.* **2023**, 21, 239–244.
18. Lalangui, J.; Espinoza Carrión, C. del R.; Pérez Espinoza, M.J. Turismo Sostenible, Un Aporte a La Responsabilidad Social Empresarial: Sus Inicios, Características y Desarrollo. *Rev. Univ. y Soc.* **2017**, 9, 148–153.
19. Caviedes-Rubio, D.I.; Olaya-Amaya, A. Ecoturismo En Áreas Protegidas de Colombia: Una Revisión de Impactos Ambientales Con Énfasis En Las Normas de Sostenibilidad Ambiental. *Rev. Luna Azul* **2018**, 311–330.
20. Aldo, R.G.; Guillermina, F. La Educación Ambiental: Un Instrumento Para El Turismo Sustentable. *Rev. Hosp.* **2013**.
21. Idelhadj, A.; Mateos, M.R.; García, L.R. Turismo Responsable, Espacios Rurales y Naturales

- y Cooperación Para El Desarrollo: A Propósito de La "Declaración de Tetuán"(Marruecos). *PASOS. Rev. Tur. y Patrim. Cult.* **2012**, 10, 651–664.
22. Ibarra Bolaños, A.C. Turismo Responsable y Educación Ambiental, Estrategias Para Minimizar La Contaminación Por Residuos Sólidos En El Río Jordán. **2024**.
23. Fernández-Palacios Vallejo, M.Y.; Haroun Tabraue, R.J. Turismo Responsable En El Medio Marino: El Caso de Canarias. *Estud. turísticos* **2007**.
24. Carrera, J.R.A.; García, L.H.B. Modelo de Formación En Educación Ambiental y Turística Para El Desarrollo Del Ecoturismo Sustentable En La Comuna Ancestral de Indígenas Pasto La Libertad, Provincia Del Carchi. In Proceedings of the Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE; 2018; Vol. 13.
25. Rivera Mateos, M.; Rodríguez García, L.; Idelhadj, A. Turismo Responsable, Espacios Rurales y Naturales y Cooperación Para El Desarrollo: A Propósito de La "Declaración de Tetuán"(Marruecos). **2012**.
26. Bertoni, M.; López, M.J.; Testa, J. La Gestión Ambiental Del Turismo. El Plan Estratégico de Turismo Sustentable de Necochea, Argentina. *RIAT. Rev. Interam. Ambient. y Tur.* **2015**, 11, 136–147.



© 2024 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 Ergonómico en los puestos de trabajo mediante el método MAC, mejoras para bienestar y desempeño del personal

Velasteguí Villamarín Martín Stalin ¹  Redroban Dillon Cristian David ² 

¹ Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, EC 060110, Ecuador

✉ Correspondencia: martin.velastegui@unach.edu.ec  + 593 0992724488

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj73178>

Resumen: Se ha observado que uno de los problemas de salud física se adquiere por actividades de montaje de estructura en el cual se evidencia por cargas y movimientos que generan un mal estar a la persona a corto o largo plazo y se centró en evaluar los riesgos ergonómicos presentes en los puestos de trabajos mediante actividades de montaje de estructura como, por ejemplo: Montadores, Torqueadores y Ayudantes Mecánicos en la empresa constructor. Se consideró una muestra de 20 trabajadores de los diferentes puestos, aplicando el Cuestionario Nórdico Estandarizado (SNQ) y el Método de Análisis de Carga (MAC), se utilizaron encuestas, estadística descriptiva y los índices de riesgo del método MAC para clasificar el nivel de riesgo en cada puesto de trabajo. El cual se ha identificado los principales factores de riesgo ergonómicos están asociados a la manipulación de cargas pesadas, posturas forzadas y movimientos repetitivos, factores que están asociados a un alto riesgo de trastornos musculoesqueléticos. El estudio reveló la necesidad urgente de implementar medidas preventivas para mejorar las condiciones de trabajo en la empresa SEDEMI. Las recomendaciones incluyeron: Optimización de los puestos de trabajo, capacitación en técnicas de levantamiento seguro, rotación de tareas, bajar kilos, bajar el número de veces.

Palabras claves: ergonomía, Manual Handling Assessment Charts (MAC), trastornos musculoesqueléticos, montaje de estructuras metálicas SEDEMI, seguridad y salud ocupacional.

Ergonomic analysis in workplaces using the MAC method, improvements for staff well-being and performance

Abstract: It has been observed that one of the physical health problems is acquired by structure assembly activities in which it is evidenced by loads and movements that generate discomfort for the person in the short or long term and focuses on evaluating the ergonomic risks present. . in jobs through structure assembly activities such as, for example: Assemblers, Torqueers and Mechanical Helpers in the construction company. A sample of 20 workers from different positions was considered, applying the Standardized Nordic Questionnaire (SNQ) and the Load Analysis Method (MAC), surveys, descriptive statistics and the risk indices of the MAC method were used to classify the level of risk in every job. Which has identified the main ergonomic risk factors



Cita: Velasteguí Villamarín, Martín Stalin Redroban Dillon, C. D. (2024). Análisis Ergonómico en los puestos de trabajo mediante el método MAC, mejoras para bienestar y desempeño del personal. Green World Journal, 07(03), 178. <https://doi.org/10.53313/gwj73178>

Received: 28/September/2024
Accepted: 06/October/2024
Published: 08/October/2024

Prof. Redroban Dillon Cristian David
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.



are associated with the manipulation of heavy loads, forced postures and repetitive movements, factors that are associated with a high risk of musculoskeletal disorders. The study revealed the urgent need to implement preventive measures to improve working conditions at the SEDEMI company. Recommendations include: Optimization of jobs, training in safe lifting techniques, rotation of tasks, losing kilos, reducing the number of times.

Keywords: ergonomics, Manual Handling Assessment Charts (MAC), musculoskeletal disorders, metal structure assembly, SEDEMI, occupational safety and health.

1. Introducción

La ergonomía se define también como un faro de conocimiento científico, iluminando el camino hacia la armonía entre el ser humano y su entorno de trabajo, su objetivo principal es adaptar el trabajo a las capacidades y limitaciones físicas y mentales de las personas [1]. Sin embargo, a pesar de los avances en materia de ergonomía, los trastornos músculo-esqueléticos (TME) persisten como una sombra siniestra en el panorama de la salud ocupacional, estas afecciones, que involucran músculos, tendones, nervios y otras estructuras del sistema locomotor, se rigen como una de las principales causas de discapacidad y ausentismo laboral a nivel global, generando un impacto significativo tanto en la calidad de vida de los trabajadores como en la productividad de las empresas. [2].

La manipulación manual de cargas, los movimientos repetitivos, las posturas forzadas y el trabajo a un ritmo elevado se configuran como los principales factores de riesgo ergonómico [3]. Estos factores, presentes en diversos sectores económicos, adquieren especial relevancia en la industria de la construcción, donde las tareas demandan un esfuerzo físico considerable y la exposición a condiciones ambientales adversas es frecuente [4].

En la industria de la construcción, en particular, los trabajadores están expuestos a múltiples factores de riesgo ergonómico debido a la naturaleza física y demandante de las tareas [5], la legislación ecuatoriana en materia de seguridad y salud ocupacional exige a las empresas identificar, evaluar y controlar los riesgos laborales, incluyendo los ergonómicos [6]. El incumplimiento de estas normativas puede acarrear sanciones y afectar la reputación de la empresa [7].

La industria del montaje de estructuras, como la que realiza SEDEMI, involucra tareas que exigen un esfuerzo físico considerable y exponen a los trabajadores a estos riesgos ergonómicos. La falta de procedimientos adecuados, capacitación y sistemas de gestión puede agravar la situación, impactando negativamente en la salud y el desempeño de los trabajadores [8]. En este contexto, el análisis ergonómico se presenta como una herramienta fundamental para identificar, evaluar y controlar los riesgos presentes en los puestos de trabajo [9]. El método MAC (Método de Análisis de Carga), basado en la observación sistemática de las tareas y la evaluación de las cargas físicas, permite cuantificar el nivel de riesgo y orientar la implementación de medidas preventivas y correctivas.

El presente estudio se propone aplicar el método MAC para analizar los riesgos ergonómicos en los puestos de trabajo de Montadores, Torqueadores y Ayudantes mecánicos en SEDEMI. A través de la observación sistemática de las tareas, la medición de las cargas físicas y la evaluación de las posturas adoptadas, se busca identificar los principales factores de riesgo y su nivel de severidad [10].

2. Materiales y métodos

El presente estudio adoptó un enfoque cuantitativo, descriptivo y transversal, con el propósito de analizar los riesgos ergonómicos presentes en los puestos de trabajo de Montadores, Torqueadores y Ayudantes mecánicos en la empresa SEDEMI, dedicada al montaje de estructuras metálicas.

El universo de estudio estuvo conformado por todos los trabajadores de SEDEMI que desempeñan las funciones de Montadores, Torqueadores y Ayudantes mecánicos, a los cuales se les aplicó el Cuestionario Nórdico Estandarizado (SNQ) para evaluar la presencia de trastornos músculo-esqueléticos, se seleccionó una muestra no probabilística intencional de 20 trabajadores, asegurando una representación equitativa de los tres puestos mencionados, la selección consideró criterios como la experiencia laboral, la antigüedad en la empresa y la disponibilidad para participar en el estudio.

Se empleó el Método de Análisis de Carga (MAC) para evaluar los riesgos ergonómicos específicos asociados a las tareas de montaje de estructuras, como manipulación de cargas pesadas, posturas forzadas y movimientos repetitivos, además, se realizó una observación detallada de las actividades laborales, registrando las posturas adoptadas, los movimientos realizados, las herramientas utilizadas y las condiciones ambientales.

Se llevó a cabo mediciones de factores como la fuerza ejercida, la repetitividad de movimientos, la duración de las posturas y la exposición a vibraciones, utilizando instrumentos de medición apropiados.

Los datos recopilados fueron procesados y analizados mediante estadística descriptiva y la aplicación de los índices de riesgo del método MAC. El nivel de riesgo se clasificó en tres niveles basados en color: Verde (bajo), Naranja (medio) y Rojo (alto), a pesar de que, en ciertas condiciones, se añade un cuarto nivel, Púrpura (inaceptable). La evaluación se dividió en cuatro etapas: frecuencia y repetición de movimientos, fuerza, posturas incómodas y factores adicionales. Se elaboró un informe detallado que presentó los resultados del análisis, incluyendo la descripción de las tareas evaluadas, los factores de riesgo identificados, los niveles de riesgo calculados y recomendaciones generales para la mejora ergonómica en SEDEMI.

Para realizar este proyecto se obtuvo un consentimiento informado de los trabajadores participantes, garantizando la confidencialidad de los datos y el anonimato en la presentación de resultados, se informó a los trabajadores sobre los objetivos y procedimientos del estudio, brindándoles la oportunidad de hacer preguntas y expresar cualquier inquietud.

En este estudio se consideró una limitación importante que fue el tamaño de la muestra, que aunque adecuado para un análisis exploratorio, puede limitar la generalización de los resultados a toda la población de trabajadores de SEDEMI, pero a pesar de esta limitación, se espera que este estudio proporcione a SEDEMI una evaluación objetiva y detallada de los riesgos ergonómicos presentes en sus operaciones de montaje de estructuras, contribuyendo así a la toma de decisiones informadas y la implementación de mejoras que promuevan un entorno laboral más seguro y saludable para sus trabajadores.

3. Resultados

Según la ficha de atención médica en el dispensario de la empresa SEDEMI de 15 patologías presentadas y atendidas el 27% de casos corresponde a trastornos músculo esqueléticos. Estos resultados son coherentes y quienes sugieren una posible relación con las tareas repetitivas y las posturas forzadas propias de los trabajos de carga pesada.

Aplicación del Cuestionario Nórdico Estandarizado

La Ilustración 1 muestra la zona del cuerpo más afectada por las tareas de montadores, torqueadores y ayudantes en la empresa SEDEMI

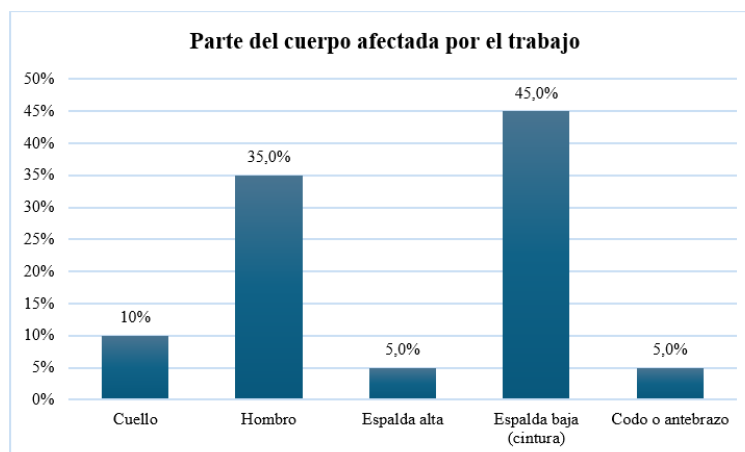


Ilustración 1: Partes del cuerpo más afectada por el trabajo

Elaborado por: Martín Velasteguí.

La Ilustración 1 revela un patrón claro de afectación en la salud de los trabajadores directamente relacionado con las demandas físicas de sus tareas. El alto porcentaje de trabajadores que reportan dolor en la espalda baja (45%), seguido de los hombros (35%) y el cuello (10%), es una señal inequívoca de que las actividades de levantamiento, transporte y sujeción de estructuras metálicas generan un desgaste considerable en el sistema musculoesquelético. Estos resultados subrayan la necesidad urgente de implementar medidas ergonómicas, como la optimización de los puestos de trabajo, la capacitación en técnicas de levantamiento seguro y la provisión de equipos adecuados, para prevenir lesiones y mejorar la calidad de vida de los trabajadores.

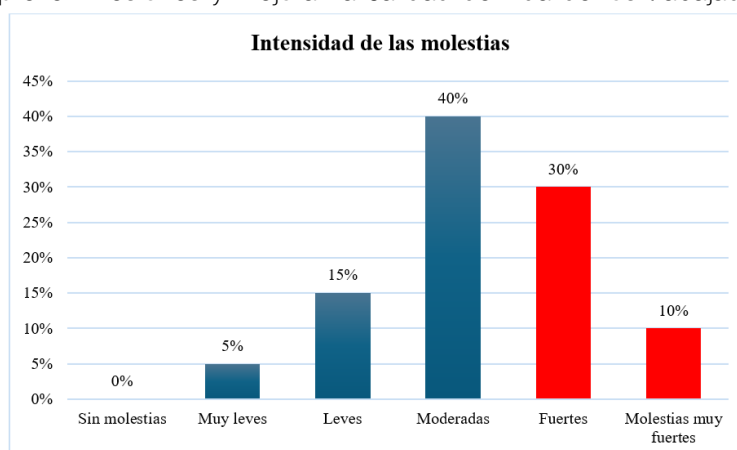


Ilustración 2: Intensidad de las molestias

Elaborado por: Martín Velasteguí

La Ilustración 2 muestra la valoración que realizaron los encuestados a las molestias percibidas por su trabajo y reveló una situación alarmante, donde 40% de los encuestados reportó un nivel de dolor, fuerte o muy fuerte, y una prevalencia mayor en el nivel 3 (moderado) con un 40% reportado. Estos resultados indican que las condiciones laborales actuales están generando un moderado nivel de estrés físico en los trabajadores, lo que puede conducir a problemas de salud a largo plazo, como trastornos musculoesqueléticos crónicos.

Identificación de las actividades por puesto de trabajo.

Código de Colores y su definición

Tabla 1: código de colores de la metodología MAC

COLOR	DESCRIPCIÓN
Verde	Nivel de riesgo ergonómico bajo
Naranja	El nivel de riesgo de peligro ergonómico es medio
Rojo	Alto Nivel de riesgo de peligro ergonómico
Morado	Nivel inaceptable de riesgo ergonómico

Fuente: [6]

Con el objetivo de determinar el nivel de exigencia física de las tareas de manipulación manual de cargas, el método MAC proporciona dos gráficos específicos. La Ilustración 3a se utiliza para evaluar las actividades de levantamiento, considerando el peso de la carga y la frecuencia con la que se realiza. La Ilustración 3b, por su parte, está diseñado para analizar las tareas de traslado de la carga, teniendo en cuenta los mismos factores

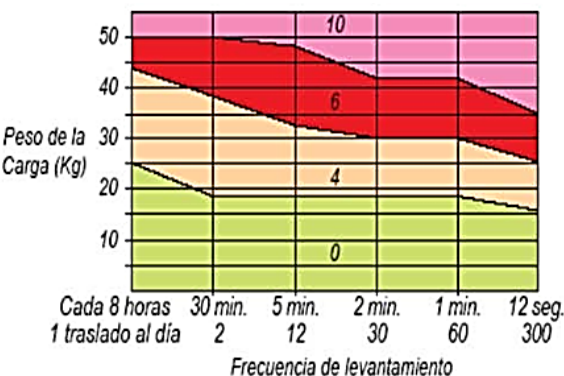
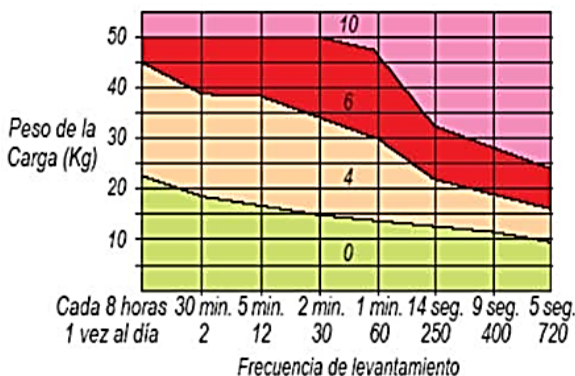


Ilustración 3a: Peso frecuencia para el levantamiento Ilustración 3b: Peso frecuencia para el traslado

Las categorías de acción según Pinder (2002) quien establece una clasificación de las acciones a tomar en función del puntaje total obtenido en la evaluación, muestra los siguientes valores tabla 3.

Tabla 2: Categorías de acción de acuerdo al puntaje

Puntaje total	Categoría de acción	Significado
0 a 4	1	No se requiere acciones correctivas,
5 a 12	2	Se requiere acciones correctivas
13 a 20	3	Se requiere acciones correctivas pronto
21 a 32	4	Se requiere acciones correctivas inmediatamente

Fuente: (Pinder, 2002)

Categoría 1 (0–4 puntos): Indica que el nivel de riesgo es bajo y no se requieren acciones correctivas inmediatas. Sin embargo, es importante mantener una vigilancia constante para detectar posibles cambios en la situación.

Categoría 2 (5–12 puntos): Señala la necesidad de implementar acciones correctivas, aunque no de manera urgente. Es decir, se deben tomar medidas para reducir el riesgo, pero el plazo para hacerlo no es crítico.

Categoría 3 (13–20 puntos): Advierte sobre un nivel de riesgo moderado y la urgencia de tomar acciones correctivas a corto plazo. La situación requiere atención inmediata para evitar que el riesgo se agrave.

Categoría 4 (21–32 puntos): Representa el nivel de riesgo más alto y exige la implementación inmediata de acciones correctivas. La situación es crítica y requiere una respuesta rápida para evitar consecuencias graves [11].

Evaluación de los riesgos ergonómicos en los montadores

En las actividades de montaje de estructuras metálicas, los trabajadores están expuestos a una variedad de movimientos, posturas y esfuerzos que pueden generar riesgos ergonómicos significativos si no se gestionan adecuadamente. La tarea de los montadores implica la manipulación de cargas pesadas, posturas forzadas y repetitivas, así como la aplicación de fuerza física para ajustar y ensamblar componentes metálicos en posiciones específicas, estas acciones pueden aumentar el riesgo de lesiones musculoesqueléticas, especialmente en el cuello, los hombros, la espalda. La Ilustración 4, presenta una recopilación fotográfica de los movimientos, posturas y esfuerzos típicos de los montadores.



Ilustración 4: Movimientos, posturas y esfuerzos de los montadores

Elaborado por: Martín Velasteguí

La Tabla 4 presenta una evaluación detallada de las acciones que realizan los montadores en levantamiento, descenso y transporte realizada por una sola persona, destacando aspectos como el peso de la carga, las posturas adoptadas y las condiciones del entorno, esta tabla sirvió como base para analizar la severidad de los riesgos y definir las acciones correctivas necesarias para mejorar la seguridad y el bienestar de los trabajadores.

Tabla 3: Tarea de levantamiento – descenso y transporte ejecutada por una persona de montaje

Factores de riesgo	Levantamiento/ descenso		Transporte	
	Color	Valor	Color	Valor
Carga Peso/Frecuencia	Yellow	4	Green	0
Distancia horizontal manos y la espalda	Green	0	Green	0
Zona de elevación vertical	Red	3	Green	0
Torsiones y flexiones laterales del torso	Green	0	Green	0
Limitaciones posturales	Yellow	2	Green	0

Acoplamiento mano-objeto	 2	 0
Superficie del suelo	 0	 0
Obstáculos en la ruta	 0	 0
Factor medioambiental	 0	 0
Puntaje total	11	0
Categoría de acción	2	0
	Requiere acciones correctivas	

Elaborado por: Martín Velasteguí

Los resultados obtenidos a través del Método MAC revelan que la fase de levantamiento/descenso representa el mayor riesgo para la salud de los trabajadores, clasificándose en la categoría naranja (riesgo medio). Los principales factores que contribuyen a este riesgo son:

- Peso y frecuencia de la carga: El manejo de cargas pesadas de forma repetitiva genera una sobrecarga en la musculatura de la espalda, hombros y brazos.
- Zona de elevación vertical: El levantamiento de cargas a alturas superiores a la cintura aumenta la tensión en la zona lumbar y puede provocar lesiones.
- Limitaciones posturales: La dificultad para adoptar posturas adecuadas al realizar el levantamiento, debido a las características de la carga o del entorno de trabajo, incrementa el riesgo de lesiones.
- Acoplamiento mano-objeto: Un agarre inadecuado de la carga puede provocar deslizamientos y aumentar el esfuerzo físico requerido.

Estos factores de riesgo indican la necesidad de implementar medidas preventivas enfocadas en optimizar las técnicas de levantamiento, reducir el peso de las cargas cuando sea posible y mejorar las condiciones de trabajo. En contraste con la fase de transporte no presenta riesgos significativos, ya que los montadores de las estructuras no realizan actividades de traslado de carga.

Para reducir los riesgos asociados al levantamiento/descenso, se recomienda:

- Capacitación: Impartir formación a los trabajadores en técnicas de levantamiento seguras, enfatizando la importancia de flexionar las rodillas, mantener la espalda recta y utilizar la fuerza de las piernas.
- Equipos de elevación: Proporcionar equipos de elevación adecuados, como grúas o polipastos, para el manejo de cargas pesadas.
- Rotación de tareas: Implementar programas de rotación de tareas para reducir la exposición continua a los factores de riesgo.
- Evaluación periódica: Realizar evaluaciones ergonómicas periódicas para verificar la eficacia de las medidas implementadas y detectar nuevos riesgos.

Evaluación de los riesgos ergonómicos en los torquedores

Los torquedores de estructuras metálicas se encuentran expuestos a un alto riesgo de lesiones musculoesqueléticas debido a las demandas físicas de su trabajo. La utilización constante de herramientas de impacto, sumada a la adopción de posturas forzadas y la aplicación de fuerza en ángulos incómodos, somete a sus cuerpos a un estrés significativo. La Ilustración 5 evidencia claramente estas condiciones laborales, en estas fotografías se trató de captar los movimientos

repetitivos, las posturas inadecuadas y los esfuerzos físicos a los que están expuestos estos trabajadores.



Ilustración 5: Movimientos, posturas y esfuerzos de los torqueadores
Elaborado por: Martín Velasteguí

La Tabla 5 describe la evaluación realizada en las tareas de torque de los trabajadores, analizando factores como la fuerza aplicada, la postura corporal, el uso de herramientas y las **condiciones laborales**. Esta evaluación permitió identificar riesgos ergonómicos como sobrecarga muscular y lesiones por esfuerzo repetitivo.

Tabla 4: Tarea de levantamiento – descenso y transporte ejecutada por una persona de torque

Factores de riesgo	Levantamiento/ descenso		Transporte	
	Color	Valor	Color	Valor
Carga Peso/Frecuencia		0		0
Distancia horizontal manos y la espalda		1		0
Zona de elevación vertical		1		0
Torsiones y flexiones laterales del torso		1		0
Limitaciones posturales		3		0
Acoplamiento mano-objeto		0		0
Superficie del suelo		0		0
Obstáculos en la ruta		0		0
Factor medioambiental		0		0
Puntaje total		6		0
Categoría de acción		2		0
Requiere acciones correctivas				

Elaborado por: Martín Velasteguí

Los resultados revelaron que los torqueadores están expuestos a un alto riesgo ergonómico debido a las características de sus tareas. El uso constante de herramientas neumáticas genera vibraciones que se transmiten a las manos y brazos de los trabajadores, aumentando el riesgo de trastornos musculoesqueléticos. Además, la necesidad de aplicar fuerza considerable para realizar el torque, sumada a las posturas forzadas adoptadas (como la posición de cuclillas), genera una sobrecarga en la zona lumbar y las rodillas, la duración prolongada de estas tareas, que pueden ocupar gran parte de la jornada laboral, exacerba los efectos de estos factores de riesgo.

El análisis de este puesto de trabajo indica que los principales factores de riesgo son:

- Vibraciones: Transmitidas por las herramientas neumáticas, que pueden causar trastornos vasculares, neurológicos y musculoesqueléticos en las manos y brazos.

- Posturas forzadas: La posición con las piernas flexionadas y las nalgas cerca del suelo genera una carga excesiva en la zona lumbar y las rodillas, aumentando el riesgo de lumbalgias y lesiones en las rodillas.
- Fuerza repetitiva: La aplicación constante de fuerza para realizar el torque sobrecarga los músculos y tendones de los brazos y hombros.

Para reducir estos riesgos, se recomienda implementar las siguientes medidas:

Sustitución de herramientas: Evaluar la posibilidad de sustituir las herramientas neumáticas por herramientas eléctricas con menor nivel de vibración.

Rotación de tareas: Implementar programas de rotación de tareas para reducir la exposición continua a las vibraciones y las posturas forzadas.

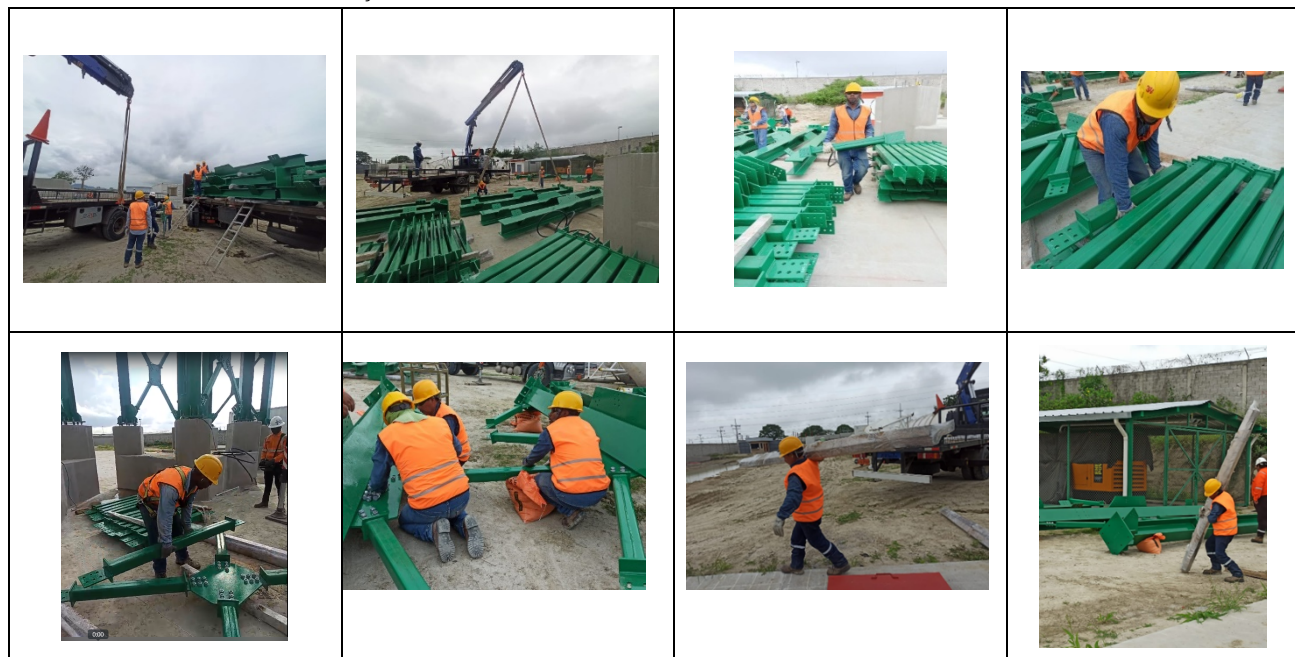
Pausas activas: Establecer programas de pausas activas para que los trabajadores puedan realizar estiramientos y ejercicios de relajación.

Formación: Capacitar a los trabajadores sobre las técnicas de trabajo seguras, el reconocimiento de los síntomas de las lesiones por esfuerzo repetitivo y la importancia de reportar cualquier molestia.

Evaluación de los riesgos ergonómicos en los ayudantes

Los ayudantes en el ensamblaje de estructuras metálicas realizan una variedad de tareas que los exponen a diversos riesgos ergonómicos, actividades como el transporte manual de materiales y herramientas, el sostenimiento de piezas en posiciones incómodas y el apoyo en tareas de montaje implican esfuerzos físicos repetitivos, posturas forzadas y levantamiento de cargas, lo que puede generar lesiones musculoesqueléticas.

La Ilustración 6 capta las condiciones laborales, mostrando cómo estas actividades demandantes el esfuerzo físico de los trabajadores.



La Tabla 6 presenta una evaluación detallada de las diversas actividades realizadas por los ayudantes en el montaje de estructuras metálicas, tales como el transporte manual de materiales, el sostenimiento de piezas y el apoyo en las tareas de montaje y torque. Este análisis ha permitido

identificar una serie de factores de riesgo ergonómicos, como el levantamiento de cargas pesadas y las posturas forzadas las cuales pueden conducir a lesiones musculoesqueléticas

Tabla 5: Tarea de levantamiento – descenso y transporte ejecutada por un ayudante

Factores de riesgo	Levantamiento/ descenso		Transporte	
	Color	Valor	Color	Valor
Carga Peso/Frecuencia		6		6
Distancia horizontal manos y la espalda		3		3
Zona de elevación vertical		3		3
Torsiones y flexiones laterales del torso		0		0
Limitaciones posturales		2		0
Acoplamiento mano-objeto		1		1
Superficie del suelo		0		0
Obstáculos en la ruta		0		0
Factor medioambiental		0		0
Puntaje total		15		13
Categoría de acción		3		3
Requiere acciones correctivas				

Elaborado por: Martín Velasteguí

Los resultados obtenidos indican una situación de riesgo considerable. Al analizar las fases de levantamiento, descenso y transporte, se identificaron los siguientes factores críticos:

- Peso y frecuencia de la carga: La combinación de un peso elevado (valor 6) y una frecuencia significativa de levantamientos (valor 6) genera una alta demanda física sobre el sistema musculoesquelético del trabajador, especialmente en la zona lumbar.
- Distancia horizontal entre las manos y la espalda: Un valor de 3 en este parámetro indica que la postura adoptada al levantar y transportar las cargas no es óptima, aumentando el riesgo de lesiones en la zona lumbar y hombros.
- Zona de elevación vertical: El valor de 3 en este factor sugiere que el ayudante debe levantar las cargas a una altura que sobrepasa el rango de movimiento natural de la espalda, lo que incrementa la tensión en esta zona.
- Limitaciones posturales: Un valor de 2 en este parámetro indica que el espacio de trabajo y las características de la carga limitan la capacidad del trabajador para adoptar posturas adecuadas, lo que contribuye a aumentar el riesgo de lesiones.

El puntaje total obtenido para las fases de levantamiento/descenso (15) y transporte (13) clasifica ambas tareas dentro de la categoría de acción 3, lo que significa que se requieren acciones correctivas inmediatas para reducir los riesgos ergonómicos.

Para mitigar estos riesgos, se recomienda:

Optimizar las posturas de trabajo: Implementar herramientas y equipos que permitan reducir la flexión del tronco y mantener una postura más erguida al levantar y transportar cargas.

Reducir el peso y la frecuencia de las cargas: Implementar sistemas de asistencia mecánica para el manejo de cargas pesadas, así como rotar las tareas entre varios trabajadores para reducir la exposición individual.

Mejorar el acoplamiento mano-objeto: Utilizar empuñaduras ergonómicas y asegurar que las cargas estén bien balanceadas y fáciles de agarrar.

Evaluar el entorno de trabajo: Identificar y eliminar obstáculos que puedan limitar el espacio de movimiento del trabajador y dificultar la adopción de posturas adecuadas.

4. Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con investigaciones previas sobre los riesgos ergonómicos relacionados con tareas de levantamiento y descenso de cargas. Según [12], el manejo repetitivo de cargas pesadas es uno de los principales factores de riesgo para desarrollar trastornos musculoesqueléticos, especialmente en la zona lumbar. Este hallazgo es consistente con lo observado en la fase de levantamiento/descenso, donde el peso y frecuencia de la carga se identificaron como los principales factores de riesgo, con un puntaje de 6, clasificándose en la categoría naranja, lo que sugiere un riesgo medio que requiere medidas correctivas. Además, estudios como el [13] enfatizan que la zona de elevación vertical y la distancia horizontal entre las manos y la espalda son determinantes críticos en la carga física que soporta el trabajador, lo cual es respaldado por los valores obtenidos en este estudio (valores de 3 para ambos parámetros), que reflejan una postura inadecuada y el manejo de cargas a alturas que incrementan la tensión en la espalda.

Por otro lado, en cuanto al uso de herramientas neumáticas en tareas de torque, los resultados coinciden con los estudios que señalan que la vibración transmitida por estas herramientas genera un riesgo significativo de desarrollar trastornos vasculares y neuromusculares en las extremidades superiores, especialmente en manos y brazos. Este riesgo es exacerbado por la necesidad de adoptar posturas forzadas y la aplicación de fuerza repetitiva, factores que en este estudio se evidencian como causantes de sobrecarga en los músculos y tendones de la espalda baja y las rodillas. Estas condiciones son comunes en trabajos donde se utilizan herramientas vibrantes, tal como lo demuestra la literatura en ergonomía y salud ocupacional.

Además de las vibraciones, la adopción de posturas forzadas durante el torque genera una sobrecarga significativa en la zona lumbar y las rodillas, lo que es consistente con los hallazgos de quienes encontraron que las posturas sostenidas en cuclillas o con las piernas flexionadas aumentan el riesgo de lesiones en las articulaciones de la rodilla y la columna vertebral. El valor de 2 en las limitaciones posturales para las tareas de levantamiento y descenso, así como el uso de herramientas neumáticas, indica que las características del entorno de trabajo limitan la capacidad de los trabajadores para adoptar posturas adecuadas, lo que contribuye al desarrollo de lesiones musculoesqueléticas. Este factor es particularmente importante en tareas que requieren movimientos repetitivos y sostenidos, como el torque, donde la aplicación continua de fuerza en posturas no ergonómicas exagera el riesgo de daño físico a largo plazo.

Un aspecto que merece mayor atención en la gestión de riesgos ergonómicos es la implementación de pausas activas y rotación de tareas como estrategias preventivas y la rotación de tareas puede ayudar a reducir la fatiga muscular y prevenir lesiones al distribuir la carga física entre diferentes grupos musculares. En el contexto de SEDEMI, donde los trabajadores están expuestos a actividades repetitivas y físicamente exigentes, la rotación de tareas puede ser una medida efectiva para mitigar los efectos de la sobrecarga física. Además, las pausas activas, que

consisten en realizar ejercicios de estiramiento y relajación durante la jornada laboral, pueden ayudar a reducir la fatiga y mejorar la circulación, lo que a su vez disminuye el riesgo de lesiones musculoesqueléticas.

Finalmente, es importante destacar que los resultados de este estudio son consistentes con otras investigaciones en el campo de la ergonomía industrial. Por ejemplo, sugieren que los trabajadores que realizan tareas de manipulación manual de cargas y utilizan herramientas vibrantes tienen un riesgo significativamente mayor de desarrollar trastornos musculoesqueléticos en comparación con aquellos que realizan tareas menos demandantes físicamente. En este sentido, los resultados obtenidos mediante el Método MAC proporcionan una base sólida para la implementación de medidas preventivas, tales como la reducción del peso de las cargas cuando sea posible, la mejora de las técnicas de levantamiento, la adopción de herramientas ergonómicas y la reconfiguración del entorno laboral para facilitar posturas más naturales.

Además, el estudio destaca la importancia de proporcionar capacitaciones específicas en ergonomía a los trabajadores para que adopten prácticas laborales más seguras. La capacitación en técnicas de levantamiento y la concientización sobre los riesgos asociados a posturas inadecuadas pueden reducir significativamente la incidencia de lesiones en entornos industriales. En la empresa SEDEMI se establece que la capacitación continua y el monitoreo de las condiciones de trabajo son esenciales para garantizar que las medidas correctivas implementadas sean efectivas a largo plazo y que los trabajadores puedan realizar sus tareas de manera segura y eficiente.

5. Conclusión

El presente estudio, enfocado en el análisis ergonómico de los puestos de trabajo en la empresa SEDEMI, utilizando el método MAC, ha permitido identificar de manera precisa los factores de riesgo que afectan la salud y el bienestar de los trabajadores. Los resultados obtenidos revelan la necesidad de implementar medidas correctivas para reducir la exposición a estos riesgos y mejorar las condiciones laborales.

A través de la evaluación detallada de cada puesto de trabajo, se han identificado los principales factores de riesgo ergonómicos, tales como posturas forzadas, movimientos repetitivos, levantamiento de cargas pesadas y vibraciones. Estos factores, si no son abordados de manera adecuada, pueden dar lugar a una amplia gama de trastornos musculoesqueléticos, reduciendo la productividad y aumentando los costos asociados a ausentismos laborales y compensaciones.

La aplicación del método MAC ha demostrado ser una herramienta eficaz para la evaluación y cuantificación de los riesgos ergonómicos, permitiendo priorizar las acciones a implementar. Las medidas correctivas propuestas, como la optimización de los puestos de trabajo, la capacitación en técnicas de levantamiento seguro, la provisión de equipos de protección personal adecuados y la rotación de tareas, están orientadas a reducir la exposición de los trabajadores a los factores de riesgo identificados.

En conclusión, la implementación de un programa de mejora ergonómica en la empresa SEDEMI, basado en los resultados de este estudio, no solo contribuirá a mejorar la salud y el bienestar de los trabajadores, sino que también generará beneficios a largo plazo para la empresa, como una reducción en los costos asociados a las lesiones laborales, un aumento de la productividad y una mejora en la imagen corporativa.

Contribución de autores: los autores participaron en el apartado del documento.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

6. Referencias

- [1] E. Berrones y M. Enríquez, «Gestión de riesgos ergonómicos por levantamiento manual de cargas en la Empresa JC Termosolar Energía Renovable de la ciudad de Riobamba,», Polo del conocimiento, vol. 7, nº 10, pp. 239–268, 2022.
- [2] L. Reina, «riesgos ergonómicos debido a la manipulación manual de cargas de la microempresa “Gemes”,» Universidad Técnica de Ambato, 2024.
- [3] P. Sandoval y T. Caballero, «Análisis ergonómico y evaluación de la salud musculoesquelética en estibadores del mercado mayorista de Ibarra,» Universidad Técnica del Norte, 2024.
- [4] J. Alburqueque, C. Chavez y C. Morales, «Mejora de los procesos de montaje de estructuras metálicas en un edificio de molienda de un proyecto minero,» Universidad peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2022.
- [5] J. Haro, «Evaluación de posturas ergonómicas en el levantamiento y traslado de cargas en la empresa GAMO's,» Universidad Técnica de Ambato, 2023.
- [6] A. Rocha y J. Vásquez, «Niveles de riesgo físico ergonómico en la industria de la construcción metodología manual handling assessment charts (MAC),» Repositorio UNISON, 2018.
- [7] J. León, G. Martínez y J. Olea, «Sistema automatizado de análisis de movimiento para la detección del factor de riesgo ergonómico en la industria de la construcción,» Información tecnológica [online], vol. 32, nº 6, pp. 213–220., 2021.
- [8] H. Díaz, «Propuesta para el control efectivo de los factores de riesgo Físicos Identificados, medidos y evaluados en el proceso de armado y soldadura de la Empresa Sedemi,» Repositorio Digital Universidad De Las Américas, 2015.
- [9] L. Toaquiza, «Riesgos ergonómicos por posturas forzadas y movimientos repetitivos para un sector de la industria de fabricación de bloques en el proceso de prensado,» Repositorio Universidad Técnica de Ambato, 2022.
- [10] J. L. Cedeño, «Adaptación cultural y validación del cuestionario nórdico estandarizado de síntomas músculo esqueléticos en trabajadores del sector construcción de Ecuador,» Universidad peruana Cayetano Heredia, 2021.
- [11] ACHS, «Ergonomía para el manejo manual de carga – Guía para la evaluación de factores de riesgo,» Asociación Chilena de Seguridad., 2020.
- [12] F. Araújo, K. Tinoco, H. Santos, E. Oliveira, W. Costa y L. DeSousa, «Lesões músculo esqueléticas relacionadas ao trabalho da enfermagem,» Dialnet.unirioja, vol. 9, nº 2, 2020.
- [13] P. Espinosa, «Evaluación ergonómica por manipulación de cargas del puesto de trabajo de manejo de cilindros de gases en una distribuidora de Quito,» Repositorio de la Universidad Internacional SEK Ecuador , 2021.



© 2024 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

Diversidad de la familia Orchidaceae en el área de intervención del Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica- CEIPA. Estado de Conservación.

Sarango-Ordóñez Jhandry ¹  Medina- Gahona Aracelli ²  Pineda- Guevara Marina ²  Carranza- Basantes Sergio ³ 

¹ Universidad Estatal Amazónica, Herbario Amazónico del Ecuador ECUAMZ, Napo, Ecuador, 150950

² Universidad Estatal Amazónica, Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica, Napo, Ecuador, 150950.

³ Centro Cultural Raíces Amazónicas, Orellana, Ecuador, 220209

✉ Correspondencia: jp.sarangoo@uea.edu.ec  +593 95 957 2008

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj73179>

Resumen: Se presenta un catálogo de especies de la familia Orchidaceae en el área de intervención del Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica, junto a sus estados de conservación UICN y categorías CITES que se obtuvieron mediante el monitoreo en campo y observación directa desde febrero- agosto 2024 en cinco diferentes transectos establecidos en el área mencionada. El estudio se complementó con una revisión exhaustiva de bases de datos de los Herbarios ECUAMZ, QCNE, LOJA, GBIF y los cinco volúmenes de Native Orchids Ecuadorian publicada por el grupo Calaway Dodson II, así mismo se revisó la lista actualizada de la Organización Global Register of Introduced and Invasive Species (GRIIS) publicada en 2019, que proporciona listas de verificación nacionales validadas de especies exóticas, introducidas e invasoras, para saber el origen de los especímenes registrados. Se obtuvo un total de 611 individuos registrados pertenecientes a 65 especies y 37 géneros, de los cuales se reportaron siete especies endémicas para la zona. Los Transectos T1 y T2 tienen la mayor abundancia o riqueza y con menor dominancia de especies, es decir, son los más diversos a diferencia de T5 con mayor dominancia de géneros como *Sobralia* y *Scaphyglottis* y menos abundancia de especies. Finalmente, se presenta una compilación fotográfica y un mapa con la proyección geográfica de las especies.

Palabras claves: Biodiversidad; Conservación; Endemismo; Impacto antrópico.

Diversity of the Orchidaceae family in the intervention area of the Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica- CEIPA. Conservation Status.

Abstract: A catalog of species of the Orchidaceae family in the intervention area of the Experimental Center for Amazonian Research and Production is presented, along with their IUCN conservation status and CITES categories obtained through field monitoring and direct



Cita: Sarango-Ordóñez, J., Medina-Gahona, A., Pineda- Guevara, M., & Carranza- Basantes, S. (2024). Diversidad de la familia Orchidaceae en el área de intervención del Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica- CEIPA. Estado de Conservación. Green World Journal, 07(03), 179.

<https://doi.org/10.53313/gwj73179>

Received: 21/ August /2024

Accepted: 16/September/2024

Published: 08/October /2024

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.



© 2024 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>

observation from February–August 2024 in five different transects established in the mentioned area. The study was complemented with an exhaustive review of databases of the ECUAMZ, QCNE, LOJA, GBIF Herbaria and the five volumes of Native Orchids Ecuadorian published by the Calaway Dodson II group, as well as the updated list of the Global Register of Introduced and Invasive Species (GRIS) published in 2019, which provides validated national checklists of exotic, introduced and invasive species, to know the origin of the recorded specimens. A total of 611 recorded individuals belonging to 65 species and 37 genera were obtained, of which seven species endemic to the area were reported. Transects T1 and T2 have the highest abundance or richness and the lowest species dominance, i.e., they are the most diverse, unlike T5 with the highest dominance of genera such as *Sobralia* and *Scaphyglottis* and the lowest abundance of species. Finally, a photographic compilation and a map with the geographic projection of the species is presented.

Keywords: Biodiversity; Conservation; Endemism; Anthropogenic impact.

1. Introducción

La presencia de orquídeas en gran parte de ecosistemas se atribuye a las complejas interacciones ecológicas con otros organismos biológicos como plantas vasculares y no vasculares, insectos, grandes vertebrados, e incluso complejas interacciones con microorganismos como bacterias y hongos (1).

A pesar de su pequeña superficie (283,561 km²), Ecuador tiene una diversidad de hábitats y microclimas, principalmente por la presencia de la Cordillera de los Andes, la influencia de las corrientes marinas fría, etc (2). Ha sido considerado como el país con mayor diversidad de orquídeas a nivel mundial, el número de especies presentes supera a países vecinos de mayor extensión territorial como Colombia, Perú y Brasil (3). Orchidaceae es la familia que aporta con el mayor número de especies al fitoendemismo del Ecuador (1707 spp.), pues aproximadamente un tercio de las plantas endémicas son orquídeas (4).

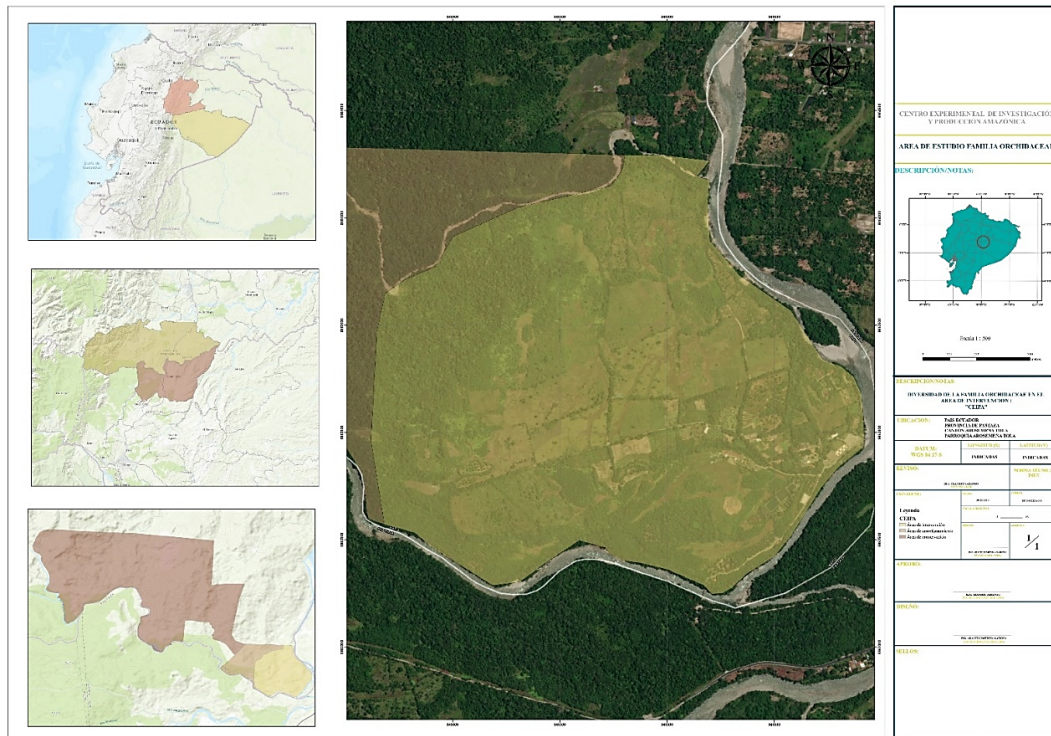
Para la conservación de orquídeas es necesario conocer su identidad taxonómica y estudiar acerca de sus interacciones que desarrollan con su entorno, entender estas interacciones ecológicas es crucial para la conservación de las orquídeas, la preservación de hábitats naturales, la protección – conocimiento de polinizadores y la gestión sostenible de las poblaciones de orquídeas (1).

2. Materiales y métodos

Área de estudio

La Universidad Estatal Amazónica en pro de consolidarse como uno de los mejores centros de educación superior del país, incorpora un polo integral de investigación, conservación y producción para sus carreras en el Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica – CEIPA (5), ubicado en el cantón Arosemena Tola de la provincia del Napo, en el kilómetro 44 vía Puyo–Tena. La distribución general del CEIPA se divide en tres áreas: Área de Intervención (326.17 ha), Área de Amortiguamiento (158.85 ha), Área de Conservación (6).

Figura 1: Mapa del área de estudio



Nota: Autores (2024).

El rango altitudinal del Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica varía en altitud desde los 533 metros sobre el nivel del mar (msnm) en su punto más bajo hasta los 659 msnm en su punto más elevado en la zona de intervención; y dentro del toda el área del CEIPA se extiende el punto más alto hasta la cota 1181 msnm (6). De acuerdo con el (7) las estaciones meteorológicas Tena y Tena Hacienda Chaupi Shungo; se calcula temperatura promedio anual entre los 23 y 25 °C, precipitación media anual cuyos promedios están entre 3800 a 4500mm. A consecuencia de las lluvias, los meses ecológicamente secos varían entre 7 a 9, correspondiente a un régimen de humedad tropical. El área cantonal de Carlos Julio Arosemena Tola corresponde a la formación ecológica bosque muy húmedo Subtropical; las lluvias se presentan todo el año y en todas las estaciones, siendo el balance hídrico positivo en todos los meses en casi toda el área.

Recopilación de datos

El levantamiento de información fue realizado en el Área de Intervención durante los meses de febrero- agosto, 2024. Se priorizó para el estudio la zona con bosques (Bosque secundario) de esta área y se establecieron cinco transectos de 50 x 20 m (0.1 ha), para determinar la diversidad de epífitas usando el método propuesto por Gentry (8). De igual manera, se evaluó las diferentes condiciones ambientales de los microhábitats presentes en el Área de Intervención y se establecieron transectos según la variabilidad de estas características y así poder realizar el contraste y comparación entre los hábitats. El transecto T1 se ubicó en el Sendero Autoguiado a la rivera del Río Piatúa junto a la entrada principal del CEIPA; T2 fue localizado a 1km e de distancia de T1 en la pendiente junto al Río Piatúa; T3 estuvo en la zona boscosa junto al programa pecuario que se dedica a la producción de café; T4 se situó a la rivera del Río Juniac una de las principales vertientes del área intervención; T5 se estableció en el lugar central del área de intervención junto al programa de bovinos del Centro. Los transectos T1, T2 se priorizó a los forofitos junto a la orilla del Río Piatúa. T3 y T4 se diferenció de T1, T2 por la presencia de árboles viejos y más altos, en bosques

secundarios por áreas intervenidas por actividades agrícolas. El transecto T5 se priorizó árboles muertos y caídos. La densidad de bosque fue homogénea en cada uno de los transectos.

Los especímenes de orquídeas fueron registrados mediante observación directa a lo largo del transecto y solo fueron recolectadas aquellas con interés científico, tratando de mantener la diversidad y especies en el Centro en su forma natural, así mismo las mediciones fueron realizadas en campo. Las flores fueron recolectadas y preservadas en alcohol al 10% de glicerina. La identificación de las especies fue realizada por comparación de las muestras del Herbario Amazónico ECUAMZ, los datos publicados en bases de datos como el Herbario Nacional del Ecuador (QCNE), Herbario Reinaldo Espinoza (LOJA), la base de datos Trópicos del Jardín Botánico de Missouri, los cinco volúmenes (Dodson & Escobar, 1993) (Dodson, Native Ecuadorian Orchids Volume II, 1995) (Dodson, Native Ecuadorian Orchids Volume III, 2002) (Dodson, Native Ecuadorian Orchids Volume IV, 2003) (Dodson, Native Ecuadorian Orchids Volume V, 2004) de Calaway H. Dodson Native Ecuadorian Orchids, la base de datos (9). Se revisó el Checklist of Introduced and Invasive Species – Ecuador (10) dada por Invasive Species Specialist Group ISSG, para saber si las especies registradas son introducidas o invasivas.

Para determinar la categoría de amenaza de las especies registradas fue establecida de acuerdo al Libro Rojo de Plantas Endémicas del Ecuador II Volumen (11) y según las categorías y criterios (12). Así mismo, se establece la categoría Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres Apéndices I, II, III (13). Para la validación nomenclatural se usó la información de International Plant Name Index (14).

Análisis de Datos

Se usó el Índice de Diversidad de Simpson (15) para obtener la diversidad alfa de cada uno de los transectos $\lambda = 1 - \sum p_i^2$, así mismo el índice de diversidad de Shannon–Wiener (H') (16) estimado en el sitio de estudio: $H' = - \sum p_i \ln(p_i)$. Para complementar los datos obtenidos, se estimó la equidad de Pielou como: $J' = H' / H_{max}$. La diversidad Beta fue utilizada para comparar la riqueza entre comunidades y se estimó a través del Coeficiente de Similitud de Jaccard (17): $Ij = C / (A + B - C)$ (5). Finalmente, el Índice de Valor de Importancia.

3. Resultados

Durante los meses febrero– agosto 2024 se registraron un total de 611 especímenes, catalogados en 65 especies y 38 géneros, de las cuales se consideran 58 especies nativas y siete especies endémicas. Las especies y géneros con mayor abundancia y frecuencia fueron *Maxillaria xilobiiflora* (15.5%); los géneros *Scaphyglottis* (9%); *Sobralia* (8.83%); *Lepanthes* (8.01%); *Stelis* (6.21%); *Elleanthus* (5.89%); *Scaphyglottis modesta* (4.58%); *Elleanthus graminifolius* (4.51%). En años recientes, varios estudios han contribuido a la taxonomía del género *Lepanthes*. Entre los nuevos registros se han documentado entre 3 y 5 especies que nuevas, por ejemplo, la descripción de *Lepanthes pupuliniana* reportada en 2023 en la provincia de Zamora Chinchipe, que amplía el conocimiento sobre la diversidad del género en el país y la región amazónica (18). Así mismo, el género *Stelis* incluye más de 200 especies, muchas de las cuales son epífitas. Entre 2023 y 2024 se identificaron en Ecuador cuatro nuevas especies este dato puede variar según el escrito (19).

Tabla 1: Abundancia de especies registradas CEIPA

N°	Especie	T1	T2	T3	T4	T5	Frecuencia	FR
1	<i>Maxillaria xilobiiflora</i>	50	34	2	5	4	95	0.155
2	<i>Scaphyglottis</i>	15	12	12	11	5	55	0.090
3	<i>Sobralia</i>	16	10	8	12	8	54	0.088
4	<i>Lepanthes</i>	18	15	5	10	1	49	0.080

5	<i>Stelis</i>	12	10	2	11	3	38	0.062
6	<i>Elleanthus</i>	5	6	8	12	5	36	0.059
7	<i>Scaphyglottis modesta</i>	10	11	2	3	2	28	0.046
8	<i>Elleanthus graminifolius</i>	8	6	4	7	2	27	0.044
9	<i>Dryadella gnoma</i>	12	8	0	0	2	22	0.036
10	<i>Dichaea</i>	2	5	1	2	4	14	0.023
11	<i>Lepanthes intricata</i>	5	7	1	1	0	14	0.023
12	<i>Jaquiniella globosa</i>	3	4	3	1	0	11	0.018
13	<i>Myoxanthus</i>	5	3	1	1	1	11	0.018
14	<i>Pleurothallis obovata</i>	4	2	0	2	1	9	0.015
15	<i>Reichenbachanthus reflexus</i>	3	1	1	2	1	8	0.013
16	<i>Sobralia rosea</i>	2	2	1	1	2	8	0.013
17	<i>Epidendrum nocturnum</i>	3	2	1	1	0	7	0.011
18	<i>Lankesteriana barbulata</i>	2	3	0	1	0	6	0.010
19	<i>Vanilla pompona</i>	2	0	2	1	1	6	0.010
20	<i>Acianthera</i>	3	2	0	0	0	5	0.008
21	<i>Maxillaria bolivarensis</i>	2	1	0	2	0	5	0.008
22	<i>Scaphyglottis prolifera</i>	0	0	2	3	0	5	0.008
23	<i>Scaphyglottis violacea</i>	2	2	0	1	0	5	0.008
24	<i>Maxillaria porrecta</i>	2	1	0	0	1	4	0.007
25	<i>Maxillaria scorpioidea</i>	2	0	0	1	1	4	0.007
26	<i>Scaphyglottis boliviensis</i>	2	1	0	1	0	4	0.007
27	<i>Dichaea venezuelensis</i>	1	0	1	1	0	3	0.005
28	<i>Habenaria sartor</i>	1	2	0	0	0	3	0.005
29	<i>Maxillaria discolor</i>	2	0	0	1	0	3	0.005
30	<i>Maxillaria nasuta</i>	2	0	0	1	0	3	0.005
31	<i>Myoxanthus scandens</i>	2	1	0	0	0	3	0.005
32	<i>Pleurothallis flexuosa</i>	0	0	2	1	0	3	0.005
33	<i>Sobralia macrophylla</i>	0	1	1	1	0	3	0.005
34	<i>Stelis argentata</i>	2	1	0	0	0	3	0.005
35	<i>Dichaea trulla</i>	1	0	0	0	1	2	0.003
36	<i>Epidendrum prostratum</i>	0	0	1	1	0	2	0.003
37	<i>Habenaria repens</i>	0	2	0	0	0	2	0.003
38	<i>Maxillaria valenzuelana</i>	1	0	1	0	0	2	0.003
39	<i>Pleurothallis pruinosa</i>	0	0	2	0	0	2	0.003
40	<i>Sievekingia marsupialis</i>	2	0	0	0	0	2	0.003
41	<i>Sigmastostalix amazonica</i>	0	0	1	1	0	2	0.003
42	<i>Sobralia fimbriata</i>	0	1	0	1	0	2	0.003
43	<i>Sobralia fragrans</i>	1	0	0	1	0	2	0.003
44	<i>Acronia erythium</i>	1	0	0	0	0	1	0.002
45	<i>Campylocentrum</i>	0	1	0	0	0	1	0.002
46	<i>Cryptocentrum</i>	1	0	0	0	0	1	0.002
47	<i>Dichaea campanulata</i>	0	1	0	0	0	1	0.002
48	<i>Dimerandra stenopetala</i>	0	0	0	0	1	1	0.002
49	<i>Dryadella cuspidata</i>	0	1	0	0	0	1	0.002
50	<i>Epidendrum baumannianum</i>	0	0	0	1	0	1	0.002
51	<i>Epidendrum compressum</i>	1	0	0	0	0	1	0.002

52	<i>Epidendrum minutiflorum</i>	0	1	0	0	0	1	0.002
53	<i>Epidendrum rostratum</i>	0	0	0	1	0	1	0.002
54	<i>Eulophia alta</i>	0	1	0	0	0	1	0.002
55	<i>Gongora quinquenervis</i>	0	1	0	0	0	1	0.002
56	<i>Ionopsis satyrioides</i>	0	1	0	0	0	1	0.002
57	<i>Lepanthes benzingii</i>	0	1	0	0	0	1	0.002
58	<i>Lepanthes nontecta</i>	0	0	1	0	0	1	0.002
59	<i>Masdevallia bangii</i>	0	0	0	1	0	1	0.002
60	<i>Masdevallia mentosa</i>	0	1	0	0	0	1	0.002
61	<i>Maxillaria brachybulbon</i>	0	0	1	0	0	1	0.002
62	<i>Microchilus</i>	0	0	0	1	0	1	0.002
63	<i>Muscarella</i>	0	0	1	0	0	1	0.002
64	<i>Octomeria mocoana</i>	1	0	0	0	0	1	0.002
65	<i>Oncidium fuscum</i>	0	0	1	0	0	1	0.002
66	<i>Ornithocephalus</i>	0	0	0	1	0	1	0.002
67	<i>Pendusalpinx</i>	0	1	0	0	0	1	0.002
68	<i>Phragmipedium reticulatum</i>	0	1	0	0	0	1	0.002
69	<i>Platystele stenostachya</i>	1	0	0	0	0	1	0.002
70	<i>Pleurothallis discoidea</i>	0	1	0	0	0	1	0.002
71	<i>Acianthera erebatensis</i>	0	0	0	1	0	1	0.002
72	<i>Pleurothallis niveoglobula</i>	0	1	0	0	0	1	0.002
73	<i>Prosthechea vespa</i>	0	1	0	0	0	1	0.002
74	<i>Prosthechea abbreviata</i>	1	0	0	0	0	1	0.002
75	<i>Prosthechea fragans</i>	0	1	0	0	0	1	0.002
76	<i>Scaphosepalum medinae</i>	0	1	0	0	0	1	0.002
77	<i>Spiranthes</i>	0	0	0	1	0	1	0.002
78	<i>Stelis purpurea</i>	0	0	1	0	0	1	0.002
79	<i>Stenia pallida</i>	0	1	0	0	0	1	0.002
80	<i>Trichosalpinx</i>	0	1	0	0	0	1	0.002
81	<i>Zootrophion atropurpureum</i>	0	1	0	0	0	1	0.002
82	<i>Rodriguezia</i>	0	0	0	1	0	1	0.002
Abundancia Total		211	175	70	109	46	611	1

Nota: Autores (2024).

El Índice de Dominancia más bajo fue el Transecto T1 (0.91) el que se encuentra a un lado del Río Piatúa, pero contiene la mayor abundancia o riqueza de los transectos con 211 especímenes registrados como: *Maxillaria xylobiiflora* y los géneros: *Scaphyglottis*, *Sobralia*, *Lepanthes*. A diferencia del Índice de Dominancia más alto en el transecto T5 (0.99) pero con la menor cantidad de riqueza con 46 especímenes, T2 presente un índice de 0.95 y una riqueza de 175 especies donde predominan géneros como *Sobralia*, *Scaphyglottis*, *Elleanthus*, *Lepanthes*. T3, T4 (0.99, 0.98) respectivamente con 70 y 109 especímenes registrados. Se presenta la dominancia relativa con los géneros *Scaphyglottis*, *Sobralia*, *Elleanthus*, *Lepanthes*. Se sabe que el índice de Simpson (D) mide la diversidad como $D = \sum 1/(p_i^2)$. El valor de D se encuentra acotado entre 0 y ∞ , tiende a cero en comunidades poco diversas (20)

El Índice de Shannon-Wiener (H') se mantuvo similar en los transectos T1, T2 (3.33-3.01) respectivamente, mientras que T2 varió a 2.8 y las lecturas más bajas en los transectos T3(1.35); T4(1.96); T5 (0.91). El índice muestra la heterogeneidad en una comunidad teniendo en cuenta dos

factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa, en la mayoría de ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies (21), por los que los resultados nos muestran que se encuentra una diversidad Media-Alta en los Transectos T1, T2 el hábitat a la rivera del Río Piatúa, T3,T4,T5 con una diversidad baja, siendo los principales sitios de actividades agrícolas en el área estudiada.

El Índice de Equidad de Pielou mide la proporción de la diversidad con relación a la máxima diversidad esperada en una comunidad de N especies. J' varía entre 0 y 1, donde 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (22). Los valores obtenidos en los transectos son mantienen similares en los transectos T1, T2; (0.562, 0.542) donde las especies registradas son medianamente similares en su abundancia, T3, T4, T5 (0.318,0.418,0.238) se mantiene con los niveles más bajos en cuanto a su riqueza de especies y mayor dominancia de otras especies, es decir se encuentra menos riqueza, pero con mayor cantidad de poblaciones principalmente de los Géneros: *Sobralia*, *Scaphyglottis*, *Elleanthus* y *Lepanthes*. A diferencia de los dos transectos a un lado del Río Piatúa con mayos cantidad especies igualmente abundantes.

Tabla 2 Índice de diversidad Orquídeas CEIPA.

Índice	Total	Transectos				
		T1	T2	T3	T4	T5
Abundancia	611	211	175	70	109	46
Simpson	0.93	0.91	0.95	0.99	0.98	0.99
Shannon-Wiener_(H')	3.33	3.01	2.8	1.35	1.96	0.91
Equidad (J')	0.519	0.562	0.542	0.318	0.418	0.238

Nota: Autores (2024).

Orchidaceae, es la familia con mayor número de especies endémicas del país. La riqueza medida, está concentrada en los tres estratos de la sierra y, principalmente en los bosques siempreverde montano-bajos y los bosques de neblina montanos. Este patrón coincide con los resultados del análisis utilizando como variable una gradiente altitudinal (23) En la amazonía, 310 de las 315 especies endémicas se encuentra concentrada en los bosques montano bajo y siempreverde pie montano, siendo este último el más diverso (3).

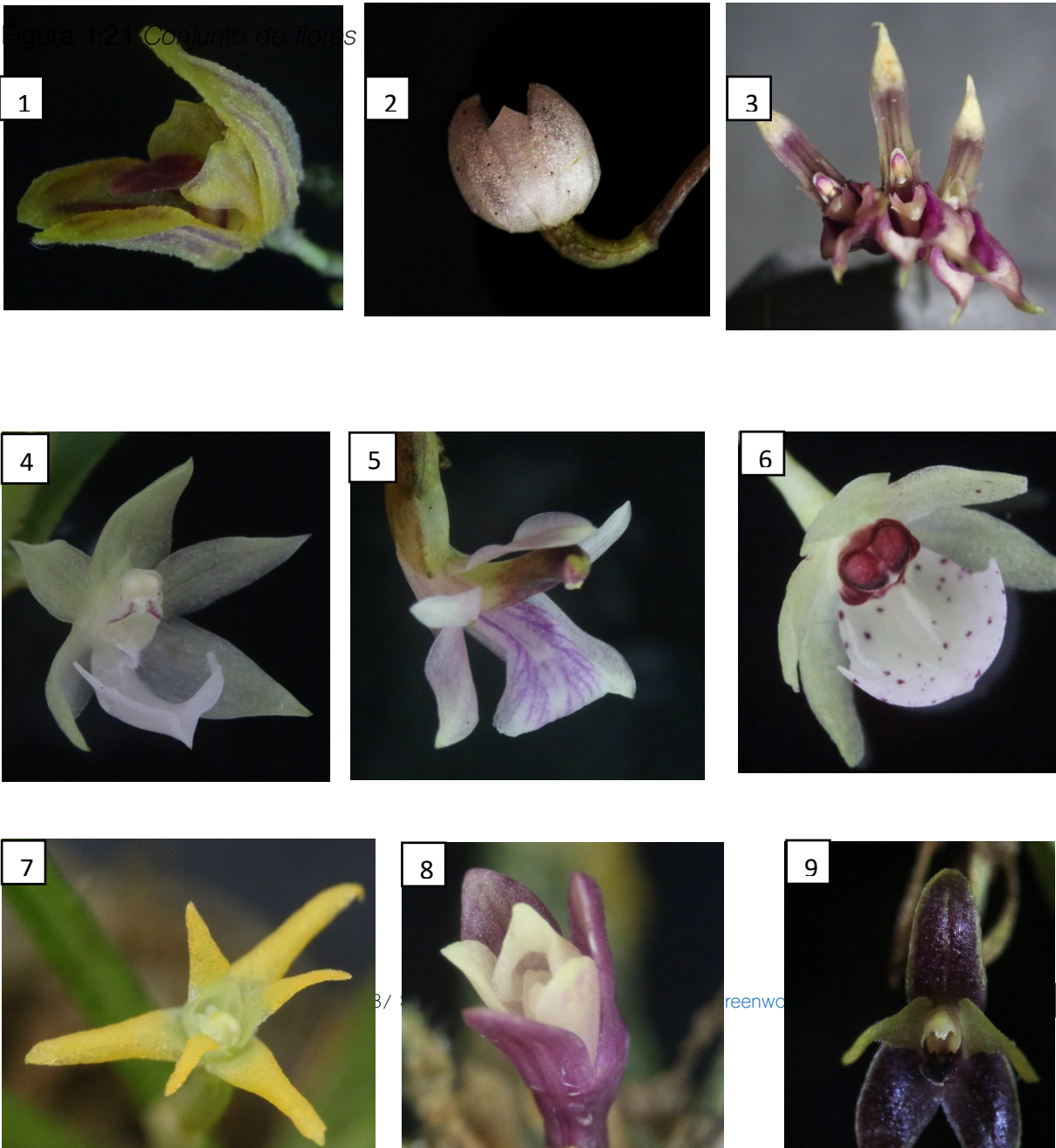
En el área estudiada se determinó taxonómicamente un total de 65 especies de las cuales se tienen 58 especies Nativas siendo el 98.2 % de esta especie se encuentra en Apéndice II que menciona a las especies que no necesariamente están en peligro de extinción, pero que podrían llegar a estarlo si el comercio no se regula. El comercio de estas especies está permitido, pero requiere un permiso (13), siendo la única especie *Phragmipedium reticulatum* catalogada en el Apéndice I CITES (24) que clasifica a las especies en peligro de extinción que son objeto de comercio internacional. El comercio de estas especies está prohibido, excepto en circunstancias excepcionales, como para fines no comerciales, por ejemplo, investigación científica (13).

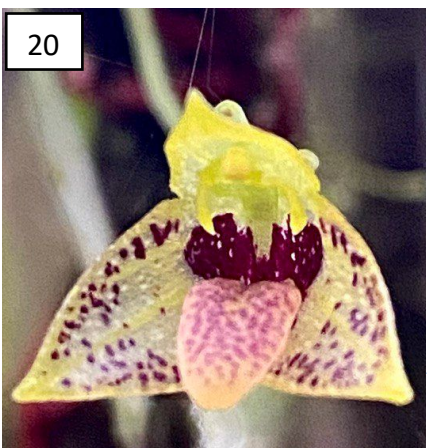
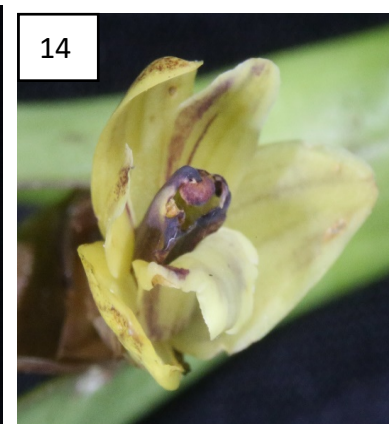
Así mismo, se registró un total de siete especies endémicas, Donde tenemos especies de importancia como *Lepanthes nontecta* con categoría UICN “VU B1 ab (iii)” indica que una especie es Vulnerable y que su área de distribución es limitada y está en declive, además de que se anticipa una disminución en la población; *Masdevallia mentosa* y *Scaphosepalum medinae* VU D2 muestra que una especie es vulnerable no necesariamente por su población actual, sino debido a su distribución extremadamente limitada y a la probabilidad de que cambios locales abruptos puedan tener efectos devastadores en su supervivencia (12), *Acianthera erebatensis* (EN) que se considera que se está enfrentando a un riesgo de extinción muy alto en estado de vida silvestre, *Sievekingia marsupialis* (NT) Casi Amenazada y con preocupación menor las especies *Lepanthes benzingii*, *Pleurothallis niveoglobula* (LC)

Tabla 3 Especies endémicas registradas

	Clasificación UICN	Distribución en Ecuador
<i>Lepanthes benzingii</i>	LC	Regiones montañosas de Ecuador, Pichincha.
<i>Lepanthes nontecta</i>	VU B1 ab (iii)	Bosques nublados, Pichincha y Carchi.
<i>Masdevallia mentosa</i>	VU D2	Hábitats de alta humedad, Pichincha, Azuay y Cañar.
<i>Acianthera erebatensis</i>	EN	Bosques húmedos, Napo.
<i>Pleurothallis niveoglobula</i>	LC	Bosques nublados, Pichincha y Azuay.
<i>Scaphosepalum medinae</i>	VU D2	Bosque húmedo Napo.
<i>Sievekingia marsupialis</i>	NT	Bosque húmedo y montaña, Carchi.

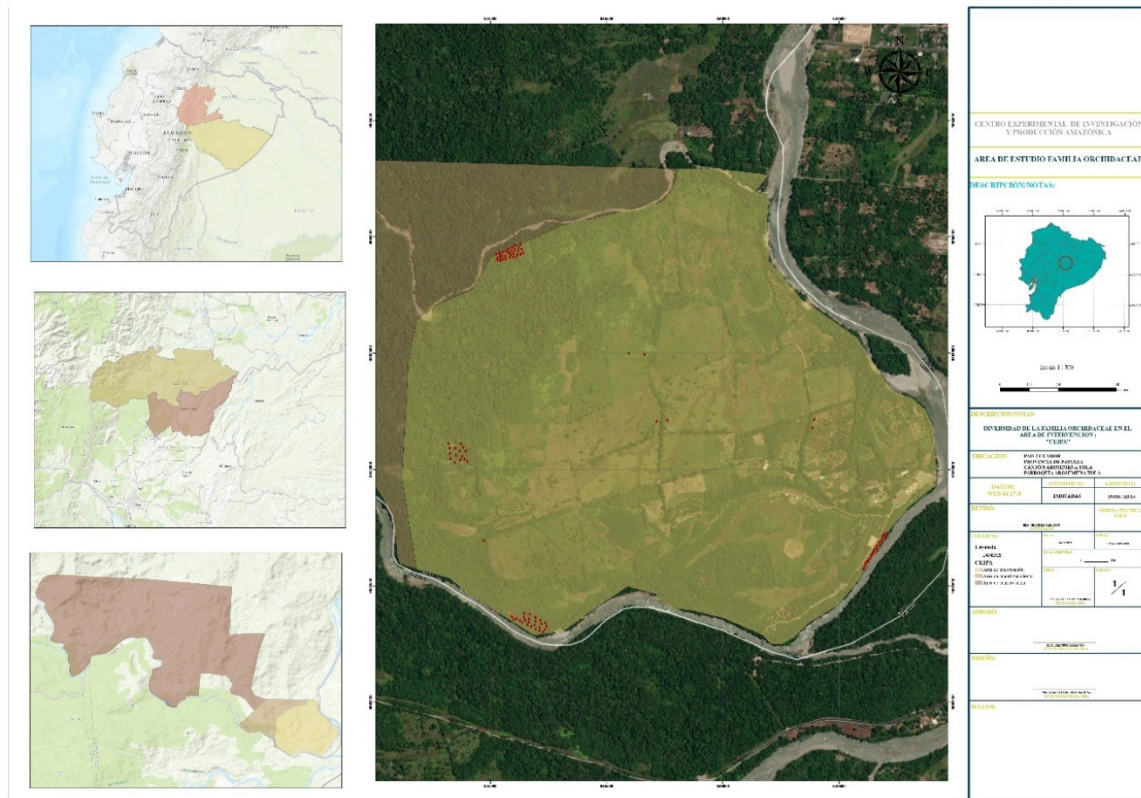
Nota: (25) & (26)





Nota: Autores (2024), Imágenes: *Scaphosepalum medinae*(1), *Pleurothallis niveoglobula* (2), *A. erebatensis* (3), *Dichaea venezuelensis* (4), *Scaphyglottis prolifera* (5), *D. campanulata* (6), *Cryptocentrum* (7), *J. globosa* (8), *Myoxanthus scandens* (9), *S. violacea* (10), *P. pruinosa* (11), *Platystele stenostachya* (12), *Sigmatostalix amazonica* (13), *S. modesta* (14), *Reichenbachanthus reflexus* (15), *Stelis* (16), *L. barbulata* (17), *Lepanthes* (18), *L. nontecta* (19), *Masdevallia nasuta* (20), *P. flexuosa* (21).

Figura 22. Mapa con las especies proyectadas en área de intervención CEIPA



Conocer las especies ayuda a comprender mejor los ecosistemas particulares en los que viven, ya que muchas de estas especies desempeñan roles esenciales en la dinámica y el equilibrio de su hábitat natural. Además, proporciona información valiosa sobre la evolución, la adaptación y la especiación. Conocimiento sobre estas especies puede ser usado para educar a la sociedad sobre la importancia de la conservación y el respeto por la naturaleza.

4. Discusión

El estudio realizado en el área de intervención del Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica (CEIPA) revela la significativa diversidad de la familia Orchidaceae en la región, destacando la presencia de 65 especies distribuidas en cinco transectos. Se observó que los transectos T1 y T2 presentaron los valores más altos de diversidad y equidad de especies, con un mayor número de individuos y una dominancia más equilibrada entre los géneros. Esto puede estar relacionado con las condiciones ambientales más favorables cerca del río Piatúa, lo que proporciona un microclima adecuado para el crecimiento y la proliferación de diversas especies epífitas. Por otro lado, el transecto T5, ubicado en una zona con mayor intervención humana, mostró una dominancia considerable de los géneros *Sobralia* y *Scaphyglottis*, lo que sugiere que la

alteración del hábitat tiene un impacto directo en la composición de la comunidad de orquídeas, favoreciendo algunas especies en detrimento de la diversidad general (1,5,13).

En cuanto al estado de conservación, el estudio reveló que siete especies endémicas, de las cuales *A. erebatensis* y *Secaphosepalum medinae* están restringidas únicamente en la provincia del Napo, y su revisión en la lista de especies amenazadas según la UICN, subraya la importancia de continuar con los esfuerzos de monitoreo y protección en estas áreas (12). Por ejemplo, especies como *Lepanthes nontecta* y *Masdevallia mentosa* están clasificadas como vulnerables debido a su distribución restringida y las amenazas derivadas de la pérdida de hábitat (11,12). El estudio también identificó la presencia de una especie en el Apéndice I de la CITES, *Phragmipedium reticulatum*, lo que indica su alto riesgo de extinción (13). Estos hallazgos resaltan la necesidad de estrategias de conservación específicas, que consideren no solo la protección de hábitats, sino también el control del comercio ilegal y la restauración de zonas afectadas por actividades humanas (11,13).

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio sobre la diversidad de la familia Orchidaceae en el CEIPA subrayan la importancia de áreas conservadas para la protección de especies epífitas en la Amazonía ecuatoriana. La mayor diversidad observada en los transectos cercanos al río Piatúa sugiere que los microhábitats con menos intervención humana son fundamentales para mantener la riqueza y equilibrio de las especies. En contraste, los transectos con mayor impacto antrópico mostraron una disminución en la diversidad y una dominancia de pocos géneros, lo que refuerza la necesidad de implementar medidas de manejo sostenible para mitigar los efectos de las actividades humanas sobre la biodiversidad local.

Asimismo, la presencia de especies endémicas y en peligro, como *A. erebatensis*, *Lepanthes nontecta*, *S. medinae* resalta la vulnerabilidad de las orquídeas frente a la pérdida de hábitat y otras amenazas. Estos hallazgos refuerzan la urgencia de políticas de conservación que aborden no solo la protección de estas especies, sino también la restauración de hábitats y la regulación del comercio de especies amenazadas. La implementación de estrategias integrales que incluyan el monitoreo constante y la educación ambiental es esencial para garantizar la conservación a largo plazo de la rica biodiversidad de orquídeas en esta región.

Referencias

1. Morales A, Cruz D, Torres-Rico D, Carranza C. Orquídeas, amenazas de su existencia, formas de conservación y protección. Jandiekua. 2023.
2. Mites M, Oña E. Diversidad de Orquídeas de los Bosques Deciduo y Siempre Verde Estacional en Manabí, Ecuador. Rev. Hallazgos21. 2018.
3. Endara L. WNH&LYS. PATRONES DE ENDEMISMO DE ORQUÍDEAS ENDÉMICAS ECUATORIANAS: PERSPECTIVAS Y PRIORIDADES PARA LA CONSERVACIÓN. En.; 2010.
4. León-Yáñez S,RVNP L ECUUyHN. Libro Rojo de Plantas Endémicas del Ecuador.; 2019.
5. UEA. CEIPA. [Online]; 2024. Disponible en: https://www.uea.edu.ec/web/v1/?page_id=2376.
6. UEA. Plan de Ordenamiento Territorial CEIPA; 2024.

7. INHAMI. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. [Online]; 2024. Disponible en: <https://www.inamhi.gob.ec/>.
8. Gentry A, Dodson C. Contribution of nontrees of a tropical rain forest. St. Louis. En.; 1987. p. 149–156.
9. GBIF. Sistema Global de Información sobre Biodiversidad. [Online]; 2024.
10. Herrera I, Espinoza F, Alvarez S, Gómez M, Molineros E, Rodriguez R, et al. GRIS Checklist of Introduced and Invasive Species – Ecuador. Version 1.7. En Group I.; 2021.
11. Endara L, Hirtz A, Jost L. Libro Rojo de las plantas endémicas del Ecuador. En.; 2011.
12. UICN. Categorías y Criterios de la Lista Roja UICN; 2012.
13. CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres; 2016.
14. IPNI. International Plant Name Index. [Online]; 2024.
15. Simpson EH. Measurement of diversity. En.; 1949. p. Nature 163–168.
16. Shannon CE, Weaver W. A mathematical theory of communication. The Bell System Technical Journal. 1948;; p. 349–423.
17. Jaccard P. Étude comparative de la distribution florale dans une portion des alpes. Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles. 1901;; p. 547–579.
18. García A, Pérez J. Descripción de nuevas especies de Lepanthes (Orchidaceae) en el Ecuador. Revista de Biodiversidad y Conservación. 2023.
19. Torres J. Estudio sobre la diversidad y conservación de Stelis en Ecuador. Journal Of Orchid Research. 2024.
20. Valdez CG, Guzmán MA, Valdés A, Forougbakhch R. Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México. 2018.
21. Pla L. BIODIVERSIDAD: INFERENCIA BASADA EN EL ÍNDICE DE SHANNON Y LA RIQUEZA. sCielo. 2006.
22. Oña E. Diversidad de Orquídeas de los Bosques Deciduo y Siempre Verde Estacional en Manabí,. Rev. Hallazgos21. 2018.
23. Kressler M. Journal of Biogeography. 2002;; p. 1159–1165.
24. Tropicos. tropicos.org. [Online]; 2024.
25. Smith JA. Orchids of Ecuador: Distribution and Ecology. 2020.
26. Biodiversity E. Orchid species in Ecuador. [Online]; 2024. Disponible en: <https://www.ecuadorbiodiversity.org/orchids>.

27. Chao A. Estimating the population size for capture–recapture data with unequal. Biometrics. 1987;; p. 783–791.



© 2024 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

Trastornos músculo esqueléticos asociados a riesgo ergonómico en colaboradores del área operativa de la empresa VERZOSI S.A.

Morquecho Vásquez Mario Arturo¹  Cayán Martínez Juan Carlos¹ 

¹ Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, EC 060110, Ecuador

✉ Correspondencia: arturo.morquecho@unach.edu.ec ☎ + 593 0996241206

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj73180>

Resumen: El riesgo ergonómico se relaciona estrechamente con los trastornos musculoesqueléticos debido a que las condiciones ergonómicas en el lugar de trabajo influyen en el desarrollo de estas afecciones. El objetivo del estudio se centra en establecer la relación entre los trastornos músculo esqueléticos y riesgos ergonómicos en colaboradores del área operativa de la empresa Verzosi. Desde el punto de vista metodológico, el estudio posee un enfoque cuantitativo, de tipo correlacional, transversal y no experimental, además, se considera una muestra de 45 colaboradores del área operativa de una empresa dedicada a proveer suministros de servicios de alimentos, a los cuales se aplicó el cuestionario Nórdico de Kuorinka y el método OWAS debido a la simplicidad y fácil aplicación, puesto que se enfoca en las posturas y en una clasificación visual y se adapta a cualquier puesto de trabajo y entorno laboral. De acuerdo a las características sociodemográficas y laborales, se observó una mayor frecuencia de sexo masculino (66,67%), con un IMC relacionada al sobrepeso (48,89%), además, la antigüedad correspondió a 0-5 años (97,78%). El cuestionario de Kuorinka estableció alteraciones de espalda baja (17,78%), de cuello y codo con el (15,56%), muñeca y hombro (8,89%). Según el método OWAS un (66,67%) presenta riesgo ergonómico alto, mientras que un (33,33%) posee riesgo medio. Se concluye que, el coeficiente de correlación de 0,893 y el valor p asociado de 0,029 sugieren que esta relación es estadísticamente significativa a un nivel de significancia del 0.05 bilateral.

Palabras claves: Trastornos músculo esqueléticos, riesgo ergonómico, área operativa.



Check for updates

Cita: Morquecho Vásquez, M. A., & Cayán Martínez, J. C. (2024). Trastornos músculo esqueléticos asociados a riesgo ergonómico en colaboradores del área operativa de la empresa VERZOSI S.A. Green World Journal, 07(03), 180. <https://doi.org/10.53313/gwj73180>

Received: 30/September/2024

Accepted: 09/October/2024

Published: 12/October/2024

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.



© 2024 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and

Musculoskeletal disorders associated with ergonomic risk in employees of the operational area of the company VERZOSI S.A.

Abstract: Ergonomic risk is closely related to musculoskeletal disorders because ergonomic conditions in the workplace influence the development of these conditions. The aim of the study is to establish the relationship between musculoskeletal disorders and ergonomic risks among employees in the operational area of the company Verzosi. Methodologically, the study employs a quantitative, correlational, cross-sectional, and non-experimental approach. It

includes a sample of 45 employees from the operational area of a company dedicated to providing food service supplies, who completed the Nordic questionnaire by Kuorinka and the OWAS method due to their simplicity and ease of application, as they focus on postures and visual classification and can be adapted to any job position and work environment. According to the sociodemographic and occupational characteristics, a higher frequency of males was observed (66.67%), with a BMI related to overweight (48.89%). Additionally, tenure was mostly 0–5 years (97.78%). The Kuorinka questionnaire identified lower back alterations (17.78%), neck and elbow issues (15.56%), and wrist and shoulder problems (8.89%). According to the OWAS method, 66.67% of participants presented high ergonomic risk, while 33.33% had medium risk. It is concluded that the correlation coefficient of 0.893 and the associated p-value of 0.029 suggest that this relationship is statistically significant at a bilateral significance level of 0.05.

Keywords: Musculoskeletal disorders, ergonomic risk, operational area.

1. Introducción

El presente estudio aborda la temática de los trastornos musculoesqueléticos asociados al aparato locomotor y riesgo ergonómico, teniendo en consideración que, un trastorno musculoesquelético relacionado con el trabajo es una lesión de los músculos, tendones, ligamentos, nervios, articulaciones, cartílagos, huesos y demás estructuras del sistema osteoarticular y muscular [1,2]. Estos trastornos pueden ser causados por lesiones, sobrecarga, posturas inadecuadas, movimientos repetitivos y otros factores relacionados con el trabajo o el entorno laboral [3,4].

Por otro lado, el riesgo ergonómico se define a la posibilidad de que un trabajador desarrolle un trastorno musculoesquelético debido a las condiciones ergonómicas en su lugar de trabajo. En este sentido, la ergonomía se encarga de adaptar el entorno laboral a las capacidades y necesidades de los trabajadores para prevenir lesiones y mejorar la eficiencia y el bienestar [5,6].

El riesgo ergonómico se relaciona estrechamente con los trastornos musculoesqueléticos debido a que las condiciones ergonómicas en el lugar de trabajo pueden influir en el desarrollo de estas afecciones [7]. Cuando las tareas laborales no están diseñadas de manera adecuada para adaptarse a las capacidades y necesidades del trabajador, se pueden generar situaciones que aumenten el riesgo de lesiones musculoesqueléticas [8].

En el caso de los trabajadores en el área operativa, el riesgo ergonómico y los trastornos musculoesqueléticos están estrechamente relacionados debido a las características propias de este tipo de entorno laboral. Los trabajadores en el área operativa suelen realizar tareas que implican movimientos repetitivos, posturas incómodas, manipulación de cargas pesadas y uso de maquinaria o herramientas que pueden generar vibraciones, entre otros factores. Estas condiciones ergonómicas desfavorables pueden aumentar significativamente el riesgo de desarrollar trastornos musculoesqueléticos [9].

Para prevenir los trastornos musculoesqueléticos en trabajadores del área operativa, es fundamental identificar y abordar los factores de riesgo ergonómico presentes en el entorno laboral. La implementación de medidas preventivas, como la optimización de los procesos de trabajo, la adopción de pausas activas, la capacitación en ergonomía y el uso de equipos de protección adecuados, puede contribuir a reducir el impacto de estas condiciones laborales en la salud de los trabajadores. Asimismo, fomentar una cultura de prevención y promover la participación activa de los trabajadores en la identificación y gestión de riesgos ergonómicos puede ser clave para garantizar un entorno laboral seguro y saludable en el área operativa [10].

En este contexto, el estudio de [11] reveló que la mayoría de las lesiones musculoesqueléticas ocurrieron en la región lumbar (32%), del cuello (26%) y dorsal (21%), con una frecuencia del 81%. Se concluyó que los movimientos repetitivos no guardaban relación con estas lesiones ($p > 0.05$).

Por otra parte, permanecer de pie por más de 2 horas al día ($p=0.007$) y levantar cargas de 25 kg más de 12 veces por hora ($p=0.018$) están asociados a las lesiones musculoesqueléticas.

Según el estudio llevado a cabo por [12] con el objetivo de determinar la frecuencia de trastornos musculoesqueléticos y sus factores asociados en trabajadores, se empleó una metodología cuantitativa, descriptiva y transversal, con una muestra de 300 trabajadores utilizando el Cuestionario Nórdico Estandarizado. Los resultados principales mostraron una edad promedio de 35,60 años, con una predominancia del sexo masculino (94%) y del grupo de edad entre 21–39 años (61,70%). Se encontró que el dolor, molestias e incomodidad en la región lumbar (82,70%) y dorsal (68,3%) eran comunes. En el caso de los trabajadores con trastornos en la región lumbar, el 60,3% trabajaba todos los días.

En otra investigación realizada por [13] se evaluó la frecuencia de trastornos musculoesqueléticos asociados con factores de riesgo ergonómicos a través de un estudio descriptivo y transversal que incluyó a 271 trabajadores. Los resultados revelaron que la mayoría de los participantes (63%) presentaron alguna afección musculoesquelética. Se observó una predominancia del sexo masculino (65%), y el lumbago fue la afección más común (30%). El área anatómica más afectada fue el tronco (17%).

En el estudio realizado por [14] cuyo propósito fue identificar el nivel de riesgo ergonómico y la prevalencia de trastornos musculoesqueléticos en 12 colaboradores de la empresa, se encontró que había una mayoría de hombres (75%), con edades comprendidas entre 25 y 35 años (58%), una antigüedad laboral de 1 a 2 años (42%) y un nivel académico de tercer nivel (83%). Se concluyó que los trastornos musculoesqueléticos predominaban en la espalda baja con un riesgo ergonómico medio relacionado con posturas forzadas, indicando la necesidad de rediseñar los puestos de trabajo.

Finalmente, el estudio realizado por [15] reveló que el 100% de los colaboradores del área de enfermería evaluados presentan un riesgo alto según el método OWAS con relación a posturas forzadas y síntomas musculoesqueléticos. Esto sugiere la importancia de abordar y mejorar las condiciones ergonómicas en el entorno laboral de los profesionales de enfermería para prevenir lesiones y promover la salud y el bienestar de los trabajadores.

La incidencia de trastornos musculoesqueléticos en los trabajadores del área operativa de la empresa VERZOSI S.A. es un tema de preocupación en términos de salud laboral y bienestar. Estos trastornos pueden estar directamente relacionados con los factores de riesgo ergonómicos presentes en el entorno laboral, como posturas inadecuadas, movimientos repetitivos y falta de equipos ergonómicos adecuados. Por lo tanto, es fundamental llevar a cabo un estudio que busque establecer esta conexión entre los trastornos musculoesqueléticos y los riesgos ergonómicos en los colaboradores del área operativa de VERZOSI S.A.

Al identificar y comprender los factores de riesgo ergonómicos específicos que contribuyen a la aparición de trastornos musculoesqueléticos en este grupo de trabajadores, se puede diseñar e implementar medidas preventivas efectivas. La optimización de los procesos de trabajo, la adopción de pausas activas, la capacitación en ergonomía y la provisión de equipos de protección adecuados podrían ser algunas de las intervenciones que se deberían considerar para reducir el impacto negativo de estas condiciones laborales en la salud y el desempeño de los trabajadores.

Además, promover una cultura de prevención y fomentar la participación activa de los trabajadores en la identificación y gestión de los riesgos ergonómicos puede ser clave para garantizar un entorno laboral seguro y saludable en el área operativa de VERZOSI S.A. Este estudio es

fundamental para respaldar la implementación de estrategias y políticas de prevención efectivas que mejoren las condiciones de trabajo y la calidad de vida de los colaboradores en dicha empresa.

Por consiguiente, el objetivo de la investigación se centra en establecer la relación entre los trastornos musculoesqueléticos y riesgos ergonómicos en colaboradores del área operativa de la empresa Verzosi, además de, identificar trastornos musculoesqueléticos de los colaboradores del área operativa, evaluar el riesgo ergonómico de los colaboradores del área operativa a través de la aplicación del método OWAS y finalmente relacionar los trastornos musculoesqueléticos con el riesgo ergonómico en colaboradores a través de estadística inferencial.

2. Materiales y métodos

El estudio posee un enfoque cuantitativo, de tipo correlacional, transversal y no experimental. El enfoque cuantitativo se centra en la recolección de datos numéricos a través de la observación [16] directa. El nivel de investigación es de tipo correlacional, puesto que se tiene como finalidad, el encontrar la relación entre las variables de estudio [17] (trastornos musculoesqueléticos y riesgo ergonómico). De igual manera, es no experimental, puesto que no se realizan modificaciones a las variables y dimensiones [18]. El universo se encuentra formado por 45 colaboradores del área operativa de la empresa Verzosi en la ciudad de Guayaquil. Con la finalidad de evaluar la realidad actual de la empresa, a criterio del autor, se toma en consideración a todos los colaboradores del área operativa de la empresa.

Para la recolección de datos se utiliza el cuestionario Nórdico de Kuorinka para establecer las lesiones musculoesqueléticas. Por otro lado, para la evaluación del riesgo ergonómico se aplica el método OWAS, que permite una evaluación de la carga física asociada a posturas relacionadas al proceso laboral, ambos instrumentos corresponden a la encuesta.

El cuestionario nórdico es una herramienta ampliamente utilizada para evaluar la prevalencia de trastornos musculoesqueléticos en diferentes poblaciones laborales. Consta de dos secciones principales: la primera se enfoca en preguntas generales sobre la presencia de molestias musculoesqueléticas en diferentes partes del cuerpo durante un período específico, mientras que la segunda sección indaga sobre la posible relación entre las molestias y las actividades laborales. Las dimensiones principales del cuestionario incluyen la ubicación y frecuencia de las molestias, los factores desencadenantes, la interferencia con las actividades diarias y el impacto en el trabajo [19].

Por otro lado, el método OWAS, es una técnica de evaluación ergonómica utilizada para analizar y clasificar las posturas de trabajo que pueden causar riesgos de lesiones musculoesqueléticas en entornos laborales. Este método se centra en la observación directa de las posturas corporales de los trabajadores durante sus actividades laborales, identificando aquellas posturas que puedan ser perjudiciales para la salud. A través de una serie de pasos y categorías, el método OWAS permite clasificar las posturas en diferentes niveles de riesgo y proporciona recomendaciones para modificar o mejorar las posturas de trabajo con el fin de reducir la carga física sobre el cuerpo y prevenir lesiones musculoesqueléticas [20].

3. Resultados

Cuestionario nórdico estandarizado

Tabla 1. Características sociodemográficas

Sexo	Frecuencia	Porcentaje
Masculino	35	66,67

Femenino	10	33,33
TOTAL	45	100,00
IMC	Frecuencia	Porcentaje
Normal	14	31,11
Sobrepeso	22	48,89
Obesidad I	9	20,00
TOTAL	45	100,00

En la tabla 1 se observa una mayor frecuencia de personal operativo de sexo masculino correspondiente al 66,67%, seguido de un 33,33% del sexo femenino. En cuanto al índice de masa corporal, se evidencia una mayor frecuencia de individuos con sobrepeso con el 48,89%, y peso normal en el 31,11%, en menor medida colaboradores con obesidad I correspondientes al 20,00% del personal operativo.

Tabla 2. Características laborales

Años de antigüedad	Frecuencia	Porcentaje
0-5 años	44	97,78
6-10 años	1	2,22
11-15 años	0	0,00
> 16 años	0	0,00
TOTAL	45	100,00
Horas por semana	Frecuencia	Porcentaje
<40 horas	0	0,00
40 horas	44	97,78
> 40 horas	1	3,70
TOTAL	45	100,00

En la tabla 2 se observa una mayor frecuencia del personal operativo con una antigüedad de 0-5 años correspondiente al 97,78%, frente a un 2,22% que labora entre 6-10 años. Por otro lado, se observa que, el 97,78% de los colaboradores labora 40 horas semanales, mientras que un 3,70% que labora por un período de tiempo mayor a 40 horas laborales.

Tabla 3. Aparato locomotor

Problemas en los últimos doce meses	Si		No	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
	a	e	a	e
Cuello	7	15,56	38	84,44
Hombro	4	8,89	41	91,11

Codo	7	15,56	38	84,44
Muñeca	4	8,89	41	91,11
Espalda alta (Región dorsal)	3	6,67	42	93,33
Espalda baja (Región lumbar)	8	17,78	37	82,22
Una o ambas caderas / piernas	1	2,22	44	97,78
Una o ambos tobillos / pies	0	0,00	45	100,00
Impedimentos para hacer su trabajo últimos doce meses	Frecuenci a	Porcentaj e	Frecuenci a	Porcentaj e
Cuello	0	0,00	45	100,00
Hombro	0	0,00	45	100,00
Codo	2	4,44	43	95,56
Muñeca	1	2,22	44	97,78
Espalda alta (Región dorsal)	1	2,22	44	97,78
Espalda baja (Región lumbar)	0	0,00	45	100,00
Una o ambas caderas / piernas	0	0,00	45	100,00
Una o ambos tobillos / pies	0	0,00	45	100,00
Problemas últimos 7 días	Frecuenci a	Porcentaj e	Frecuenci a	Porcentaj e
Cuello	8	17,78	37	82,22
Hombro	2	4,44	43	95,56
Codo	2	4,44	43	95,56
Muñeca	2	4,44	43	95,56
Espalda alta (Región dorsal)	0	0,00	45	100,00
Espalda baja (Región lumbar)	3	6,67	42	93,33
Una o ambas caderas / piernas	1	2,22	44	97,78
Una o ambos tobillos / pies	0	0,00	45	100,00

En la tabla 3 se observa una mayor frecuencia del personal operativo que presentan alteraciones de espalda baja (17,78%), de cuello y codo con el (15,56%), muñeca y hombro (8,89%). En menor medida, se puede identificar alteraciones a nivel de espalda alta con el (6,67%) y una o ambas caderas/piernas con el (2,22%). De igual manera, con relación al impedimento para trabajar en los últimos meses, se observa que este se debe a problemas en los codos (4,44%), muñeca y espalda alta (2,22%). Finalmente, en cuanto a problemas durante los últimos siete días, se identifica alteraciones a nivel del cuello (17,78%), espalda baja con el (6,67%), hombro, codo, muñeca (4,44%) y una o ambas caderas (2,22%).

Tabla 4. Problemas de la columna lumbar

Problemas de la columna lumbar		
Problemas de la parte baja de la columna	Frecuencia	Porcentaje
Si	10	22,22
No	35	77,78
TOTAL	45	100,00
Hospitalizado por problemas en la parte baja de la espalda	Frecuencia	Porcentaje
Si	0	0,00
No	45	100,00
TOTAL	45	100,00
Cambiar de trabajo por problemas en la parte baja de la espalda	Frecuencia	Porcentaje
Si	0	0,00
No	45	100,00
TOTAL	45	100,00
Tiempo total en los últimos 12 meses	Frecuencia	Porcentaje
0 días	0	0,00
1-7 días	45	100,00
TOTAL	45	100,00
Impedido hacer su trabajo normal durante los últimos 12 meses	Frecuencia	Porcentaje
0 días	0	0,00
1-7 días	45	100,00
TOTAL	45	100,00
Atención por un médico por problemas en la parte baja de la espalda durante los últimos 12 meses	Frecuencia	Porcentaje
Sí	0	0,00
No	45	100,00
TOTAL	45	100,00
Problemas de espalda baja en algún momento durante los últimos 7 días	Frecuencia	Porcentaje
Si	0	0,00
No	45	100,00
TOTAL	45	100,00

En la tabla 4 se establece que un 22,22% presenta problemas de la parte baja de la columna, sin embargo, un 100% no ha sido hospitalizado ni ha cambiado el trabajo por problemas en esta zona de la columna. De igual manera, se observa que un 100% de los colaboradores manifiesta que no hubo impedimentos durante los últimos doce meses ni durante los últimos siete días.

Tabla 5. Problemas del cuello

Problemas del cuello		
Problemas en el cuello	Frecuencia	Porcentaje
Si	16	35,56
No	29	64,44
TOTAL	45	100,00
Hospitalizado por problemas en el cuello	Frecuencia	Porcentaje
Si	0	0,00
No	45	100,00
TOTAL	45	100,00
Cambiar de trabajo por problemas en el cuello	Frecuencia	Porcentaje
Si	0	0,00
No	45	100,00
TOTAL	45	100,00
Tiempo total en los últimos 12 meses	Frecuencia	Porcentaje
0 días	38	84,44
1-7 días	7	15,56
TOTAL	45	100,00
Impedido hacer su trabajo normal durante los últimos 12 meses	Frecuencia	Porcentaje
0 días	38	84,44
1-7 días	7	15,56
TOTAL	45	100,00
Atención por un médico por problemas en el cuello durante los últimos 12 meses	Frecuencia	Porcentaje
Sí	5	11,11
No	40	88,89
TOTAL	45	100,00
Problemas en el cuello en algún momento durante los últimos 7 días	Frecuencia	Porcentaje
Si	3	6,67

No	42	93,33
TOTAL	45	100,00

En la tabla 5 se establece que un 35,56% presentó problemas en el cuello, sin embargo, un 100% no ha sido hospitalizado ni ha cambiado el trabajo por problemas en esta zona de la columna. De igual manera, se observa que un 15,56% presenta problemas durante los últimos doce meses y un 6,67% durante los últimos siete días. Finalmente, en los últimos doce meses un 11,11% tuvo atención médica por problemas asociados a molestias en el cuello.

Tabla 6. Problemas del hombro

Problemas del hombro		
Problemas en el hombro	Frecuencia	Porcentaje
Si	13	28,89
No	32	71,11
TOTAL	45	100,00
Hospitalizado por problemas en la parte baja de la espalda		
	Frecuencia	Porcentaje
Si	0	0,00
No	45	100,00
TOTAL	45	100,00
Cambiar de trabajo por problemas en la parte baja de la espalda		
	Frecuencia	Porcentaje
Si	0	0,00
No	45	100,00
TOTAL	45	100,00
Tiempo total en los últimos 12 meses		
	Frecuencia	Porcentaje
0 días	0	0,00
1-7 días	45	100,00
TOTAL	45	100,00
Tiempo impedido de hacer su trabajo normal durante los últimos 12 meses		
	Frecuencia	Porcentaje
0 días	33	73,33
1-7 días	12	26,67
TOTAL	45	100,00
Atención por un médico, por problemas en el hombro durante los últimos 12 meses		
	Frecuencia	Porcentaje
Sí	5	11,11
No	40	88,89

TOTAL	45	100,00
Problemas en el hombro en algún momento durante los últimos 7 días	Frecuencia	Porcentaje
Si	6	13,33
No	39	86,67
TOTAL	45	100,00

En la tabla 6 se establece que un 28,89% presenta problemas en el hombro, sin embargo, un 100% no ha sido hospitalizado ni ha cambiado el trabajo por problemas en esta zona de la columna. De igual manera, se observa que un 26,67% estuvo impedido de realizar su trabajo durante los últimos siete días, un 11,11% recibió atención medica en los últimos doce meses, y en los últimos siete días el 13,33% presento problemas en el hombro.

Método OWAS

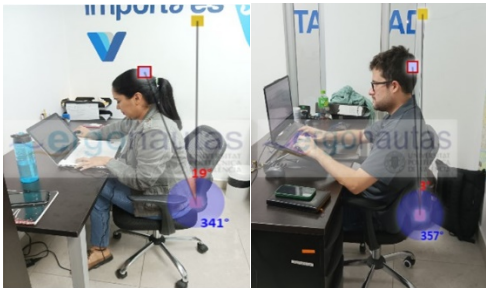
Para la aplicación del método, se define un tiempo de 5 minutos de observación por cada uno de los puestos de trabajo, en donde se realiza la toma de muestras fotográficas con las posturas más frecuentes en cada uno de los puestos de trabajo, con la finalidad de evaluar la posición de la espalda y la inclinación de esta. Asimismo, se evalúa la posición de las piernas, brazos, espalda y la carga o fuerza ejercida, esta última se obtuvo a través del peso de los objetos con los cuales se realiza la carga. A continuación, se muestra evidencia del trabajo de campo realizado, así como de la aplicación del software de aplicación del método OWAS a través del sitio web Ergonautas de la Universidad Politécnica de Valencia.

Figura 1. Medición de ángulos



Nota. En la figura 1 se observa la medición de los ángulos con respecto a la posición de la espalda y la inclinación de esta, en distintos puestos de trabajo y posturas. Fuente: Ergonautas (2024).

Figura 2. Medición de ángulos (continuación)



Nota. En la figura 2 se observa la medición de los ángulos con respecto a la posición de la espalda y la inclinación de la misma, en distintos puestos de trabajo y posturas. Fuente: Ergonautas (2024).

Tabla 7. Método OWAS

Posición de la espalda	Frecuencia	Porcentaje
Existe torsión superior a 20 grados	15	33,33
Existe flexión del tronco y giro	30	66,67
TOTAL	45	100,00
Posición de brazos	Frecuencia	Porcentaje
Uno por encima del hombro	45	100,00
TOTAL	45	100,00
Posición de las piernas	Frecuencia	Porcentaje
De pie o en cuclillas con las dos piernas flexionadas y el peso equilibrado entre ambas	45	100,00
TOTAL	45	100,00
Carga o fuerza	Frecuencia	Porcentaje
> 20 kg	45	100,00
TOTAL	45	100,00

En la tabla 7 se observa que, al realizar la aplicación del método OWAS, se identifica que el 66,67% realiza una flexión y giro simultanea del tronco, mientras que un 33,33% realiza una torsión superior a 20 grados. Por otro lado, se observa que el 100% de los colaboradores tiene una posición de los brazos por encima del hombro. De igual manera, el 100% tiene una posición de las piernas de pie, en cuclillas con las piernas flexionadas y el peso en equilibrio. Finalmente, el 100% de los colaboradores analizados realiza una carga o fuerza mayor a 20 kg.

Tabla 8. Riesgo ergonómico según el método OWAS

Nivel de riesgo	Frecuencia	Porcentaje
Riesgo bajo	0	0,00
Riesgo medio	15	33,33
Riesgo alto	30	66,67
TOTAL	45	100,00

En la tabla 8 se puede observar que, un 66,67% presenta riesgo ergonómico alto, mientras que un 33,33% posee riesgo medio.

Para establecer la correlación entre las variables estudiadas, se estableció de forma descriptiva las alteraciones musculoesqueléticas, y el riesgo ergonómico de acuerdo a cada instrumento. Al observar que, ambas variables son ordinales, se procedió a aplicar el Rho de Spearman. Los datos fueron transcritos al programa estadístico IBM SPSS en su versión 29.0 y se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 9. Correlación entre alteraciones musculoesqueléticas y riesgo ergonómico

		Riesgo ergonómico
Rho de Spearman Alteraciones musculoesqueléticas	Coeficiente de correlación	0,893
	Sig. (bilateral)	0,029
	N	45

Teniendo en cuenta que, la H1: Existe relación directa y significativa entre los trastornos músculo esqueléticos y riesgos ergonómicos en colaboradores del área operativa de la empresa Verzosi y H0: No existe relación directa ni significativa entre los trastornos músculo esqueléticos y riesgos ergonómicos en colaboradores del área operativa de la empresa Verzosi. Además del, coeficiente de correlación entre alteraciones musculoesqueléticas y riesgo ergonómico, es de 0,893, lo que indica una correlación positiva fuerte entre estas dos variables. Además, el valor p asociado es de 0,029, lo que indica que esta correlación es estadísticamente significativa puesto que el valor es menor a 0,05. Por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis positiva.

4. Discusión

Dentro de las características sociodemográficas y laborales, se observa una mayor frecuencia de personal operativo de sexo masculino correspondiente al 66,67%, con un índice de masa corporal relacionada al sobrepeso con el 48,89%. Además, una mayor frecuencia del personal operativo con una antigüedad de 0-5 años correspondiente al 97,78%. Por otro lado, se observa que, el 97,78% de los colaboradores labora 40 horas semanales. De manera similar, el estudio de Becerra et al. [12] los resultados principales mostraron predominancia del sexo masculino (94%) y del grupo de edad entre 21-39 años (61,70%).

Asimismo, el estudio de Villavicencio et al. [13] se observó una predominancia del sexo masculino (65%). En el caso de Simbaña et al. [14] se encontró que había una mayoría de hombres (75%), con edades comprendidas entre 25 y 35 años (58%), una antigüedad laboral de 1 a 2 años (42%).

Dentro del estudio, se observa una mayor frecuencia del personal operativo que presentan alteraciones de cuello y codo con el 15,56%, espalda baja (17,78%), espalda alta (6,67%). De igual manera, en relación al impedimento para trabajar en los últimos meses, se observó, que este se debió a problemas en el codo, muñeca y espalda alta. Finalmente, en cuanto a problemas durante los últimos siete días, se identificó alteraciones a nivel del cuello (17,78%), hombro, codo y muñeca (4,44%) respectivamente. A diferencia del estudio de Pretel et al. [11] en el cual se estableció que la mayoría de las lesiones musculoesqueléticas ocurrieron en la región lumbar (32%), del cuello (26%) y dorsal (21%), con una frecuencia del 81%.

De manera similar, la investigación de Becerra et al. [12] Se encontró que el dolor, molestias e incomodidad en la región lumbar (82,70%) y dorsal (68,3%) eran comunes. En el caso de los trabajadores con trastornos en la región lumbar, el 60,3% trabajaba todos los días. Asimismo, el estudio de Villavicencio et al. [13] determinó que la mayoría de los participantes (63%) presentaron alguna afección musculoesquelética.

Dentro de la investigación se puede observar que, un 66,67% presenta riesgo ergonómico alto, mientras que un 33,33% de los colaboradores del área operativa de la empresa VERZOSI S.A. posee riesgo medio. De manera similar, el estudio de Viteri [15] reveló que el 100% de los colaboradores evaluados presentan un riesgo ergonómico alto según el método OWAS en relación con posturas forzadas y síntomas musculoesqueléticos.

Dentro de la investigación se puede observar la correlación entre alteraciones musculoesqueléticas y riesgo ergonómico, es de 0,893 lo que indica una correlación positiva moderada entre estas dos variables. Además, el valor p asociado es de 0,029, lo que indica que esta correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significancia del 0,05 bilateral. Sin embargo, el estudio de Pretel et al. [11] Se concluyó que los movimientos repetitivos no guardaban relación con estas lesiones ($p > 0.05$). Por otra parte, permanecer de pie por más de 2 horas al día ($p = 0.007$) y levantar cargas de 25 kg más de 12 veces por hora ($p = 0.018$) están asociados a las lesiones musculoesqueléticas. De igual manera, Simbaña et al. [14] concluyó que los trastornos musculoesqueléticos predominaban en la espalda baja con un riesgo ergonómico medio relacionado con posturas forzadas, indicando la necesidad de rediseñar los puestos de trabajo.

5. Conclusión

La investigación determinó que los trastornos musculoesqueléticos más comunes entre los colaboradores del área operativa son las alteraciones de cuello, seguidas de alteraciones en cuello y muñeca, hombro, espalda baja y espalda alta. Estos trastornos pueden afectar la capacidad de trabajo de los colaboradores, siendo el cuello y el hombro las áreas que más han causado impedimentos laborales en los últimos meses.

Al aplicar el método OWAS, se identificó que la mayoría de los colaboradores realizan movimientos que implican flexión y giro simultáneo del tronco, así como posiciones de los brazos por encima del hombro y carga o fuerza mayor a 20 kg. Esto ha llevado a que un porcentaje significativo de colaboradores presenten un riesgo ergonómico alto.

Los resultados de la estadística inferencial indican una correlación positiva moderada entre los trastornos musculoesqueléticos y los riesgos ergonómicos en los colaboradores del área operativa. El coeficiente de correlación de 0,893 y el valor p asociado de 0,029 sugieren que esta relación es estadísticamente significativa a un nivel de significancia del 0.05 bilateral. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe una relación directa y significativa entre los trastornos musculoesqueléticos y los riesgos ergonómicos en los colaboradores de la empresa Verzosi.

Contribución de autores: Los autores en todos los apartados del documento

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

- [1] Paredes ML, Vásquez M. Estudio descriptivo sobre las condiciones de trabajo y los trastornos musculo esqueléticos en el personal de enfermería (enfermeras y AAEE) de la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos y Neonatales en el Hospital Clínico Universitario de Valladolid. Medicina y Seguridad del Trabajo. 2018; 64(251).
- [2] OMS. Trastornos musculoesqueléticos. ; 2021. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal->

- conditions#:~:text=Los%20trastornos%20musculoesquel%C3%A9ticos%20comprenden%20m%C3%A1s,capacidades%20funcionales%20e%20incapacidad%20permanentes.
- [3] CDC. Datos Breves de NIOSH: Cómo prevenir los trastornos musculoesqueléticos. ; 2015. Disponible en: https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2012-120_sp/default.html.
- [4] Mena SM. Factores de riesgo ergonómicos que provocan trastornos músculo-esqueléticos a nivel cervical en docentes de la unidad educativa fiscal n°13 "patria" ubicada en el cantón Iatacunga. ; 2019. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/16532/Disertacion%20Mileth%20Mena%2027%20de%20Febrero%20del%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [5] Escalante M, Núñez M, Izquierdo H. Evaluación ergonómica en la producción. Caso de estudio: Sector Aluminio, Estado Bolívar. Venezuela. Ingeniería Industrial. 2018; 6(21): p. 73-90.
- [6] Cieza A, Causey K, Kamenov K, Hanson S, Chatterji S, Vos T. Global estimates of the need for rehabilitation based on the Global Burden of Disease study 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. The Lancet. 2020; 396(10267).
- [7] USO. ¿Qué son los riesgos ergonómicos y cómo evitarlos en nuestro trabajo? ; 2019. Disponible en: <https://www.uso.es/que-son-riesgos-ergonomicos-y-como-evitarlos-en-nuestro-trabajo/#:~:text=Los%20riesgos%20ergon%C3%B3micos%20son%20aquellos,en%20el%20puesto%20de%20trabajo>.
- [8] Fernández M, Fernández M, Manso M, Gómez P, Rocío MC, del Coz F. Trastornos musculoesqueléticos en personal auxiliar de enfermería del Centro Polivalente de Recursos para Personas Mayores "Mixta" de Gijón – C.P.R.P.M. Mixta. Gerokomos. 2014; 25(1).
- [9] Torres S. Riesgo ergonómico y trastornos musculoesqueléticos en trabajadores de industria alimentaria en el Callao en el 2021. Horizonte Médico (Lima). 2023; 23(3).
- [10] Carrasco J, López AI, Barreno AD. Riesgos ergonómicos y su influencia en el desempeño. LATAM. 2023; 4(2): p. 3294.
- [11] Pretel K, Wong CI. Factores de Riesgo Disergonómico y Su Relación con Lesiones Músculo Esqueléticas en los Trabajadores de Almacén de Estructuras Metálicas de una Empresa de Construcción de Líneas de Transmisión. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. 2023; 7(4): p. 670-682.
- [12] Becerra N, Timoteo M, Montenegro S. Trastornos musculoesqueléticos en trabajadores de transporte público de vehículos motorizados menores de Lima Norte. Peruvian Journal of Health Care and Global Health. 2020; 4(2).
- [13] Villavicencio JI, Espinoza SE, Montufar MR, Castro JC. Trastornos músculo-esqueléticos como factor de riesgo ergonómico en trabajadores de la Empresa Eléctrica de Riobamba. La Ciencia al Servicio de la Salud y la Nutrición. 2019; 10(2): p. 14-21.

- [14] Simbaña S, Cárdenas H, Campos YY. Prevalencia de trastornos musculoesqueléticos por posturas forzadas en trabajadores que realizan teletrabajo en instituciones financieras. *Revista Conecta Libertad*. 2021; 5(3): p. 1–12.
- [15] Viteri M. Riesgos ergonómicos por posturas forzadas con sintomatología musculoesquelética en el personal de enfermería del área de emergencia en Guayaquil. ; 2021. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4334/1/Viteri%20Peralta%20Mar%C3%ADa%20Lorena.pdf>.
- [16] Hernández R, Mendoza C. Metodología de la investigación. ; 2018. Disponible en: http://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/wp-content/uploads/2019/02/RUDICSv9n18p92_95.pdf.
- [17] Pérez L, Pérez R, Seca M. Metodología de la investigación científica. ; 2020. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/uta/138497?page=1>.
- [18] Arévalo P, Cruz J, Guevara M, Palacios A. Actualización en metodología de la investigación científica. Universidad Tecnológica Indoamérica. 2020; 13(3).
- [19] Instituto de Salud Pública de Chile. Cuestionario nórdico estandarizado de percepción de síntomas musculoesqueléticos.;2017.Disponible en: <https://www.ispch.cl/sites/default/files/NTPercepcionSintomasME01-03062020A.pdf>.
- [20] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Posturas de trabajo: evaluación del riesgo – Año 2015. ; 2015. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/documentos-tecnicos/posturas-trabajo-evaluacion-del-riesgo-2015>.



© 2024 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

Contribución De Las Grapas De Refuerzo De Mampostería De Ladrillo Artesanal

Javier Francisco Mendoza Salazar ¹  Lincoln Javier García Vines ² 

¹ Departamento de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador,

² Departamento de Arquitectura y Construcciones civiles, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

✉ Correspondencia: javiet23@gmail.com  + 593 994438988

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj73181>

Resumen: Este estudio se enfocó en evaluar la resistencia a la compresión y corte de la mampostería de ladrillo de barro cocido, utilizando grapas de acero de refuerzo como método de reparación. La investigación se realizó a través de ensayos experimentales en muretes y prismas, empleando ladrillos de producción artesanal y mortero compuesto por cemento Portland, arena y agua en proporción de 1:2:0,5. El análisis cuantitativo se centró en la contribución de las grapas a la mejora de la resistencia de la mampostería. El área de estudio fue la localidad de Colinas del Porvenir, en Montecristi, Ecuador, donde se fabricaron los ladrillos. Los resultados demostraron que las grapas de acero permiten recuperar gran parte de la capacidad estructural de las paredes afectadas por grietas, representando una solución eficiente y de fácil aplicación. Este método de reforzamiento es especialmente relevante en zonas sísmicas, donde la integridad de las construcciones de ladrillo puede verse comprometida. Se concluye que, aunque la mampostería sufre daños durante eventos sísmicos, las grapas permiten evitar el colapso y prolongar la vida útil de las estructuras. El estudio aporta una práctica alternativa para la reparación de mampostería agrietada, contribuyendo a la resiliencia de edificaciones en contextos de alto riesgo sísmico.

Palabras claves: Mampostería; Ladrillo Artesanal; Reforzamiento de Mampostería; Grapas de Refuerzo.

Contribution of Artisanal Brick Mansory Reinforcement Staples

Abstract: This study focused on evaluating the compressive and shear strength of baked clay brick masonry, using steel reinforcing clips as a repair method. The research was carried out through experimental tests on walls and prisms, using handmade bricks and mortar composed of Portland cement, sand and water in a ratio of 1:2:0.5. The quantitative analysis focused on the contribution of the staples to the improvement of the masonry strength. The study area was the locality of Colinas del Porvenir, in Montecristi, Ecuador, where the bricks were manufactured. The results showed that steel clips allow the recovery of a large part of the structural capacity of the walls affected by cracks, representing an efficient and



Cita: Mendoza Salazar, J. F., & García Vines, L. J. (2024). Contribución De Las Grapas De Refuerzo De Mampostería De Ladrillo Artesanal. Green World Journal, 07(03), 181.

<https://doi.org/10.53313/gwj73181>

Received: 30/September/2024

Accepted: 21/October/2024

Published: 22/October/2024

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.



© 2024 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>

easy-to-apply solution. This method of reinforcement is particularly relevant in seismic zones, where the integrity of brick constructions can be compromised. It is concluded that, although masonry is damaged during seismic events, clamps can prevent collapse and prolong the life of structures. The study provides a practical alternative for the repair of cracked masonry, contributing to the resilience of buildings in high seismic risk contexts.

Keywords: Masonry; Artisanal Brick; Masonry Reinforcement; Reinforcement Staples

1. Introducción

La mampostería ha tenido un uso fundamental durante siglos en el campo de la construcción debido a su durabilidad y disponibilidad de sus materiales, sin embargo, durante los últimos siglos se ha requerido de un análisis minucioso de este tipo de construcción con el objetivo de cumplir con las condiciones y requerimientos necesarios para su utilización, en la mampostería de ladrillo artesanal, se presentan fallas típicas debido a la influencia de tensiones diagonales como se muestra en la **Figura 1**, las cuales tienen causas variadas, entre las cuales se pueden destacar:

- a) movimientos telúricos (por lo general a 45°)
- b) asentamientos de las estructuras
- c) incremento de las cargas de las edificaciones

Para el control de este tipo de fallas se pueden aplicar varias técnicas de reforzamiento, siendo una de las alternativas el uso de grapas de acero de refuerzo, lo que supone una solución oportuna y eficiente en muros o paredes parcialmente afectados.



Figura 1: Fisuras en mampostería de ladrillo artesanal. Fuente: (Archivo personal, bloque de aula (UTM 2022).

El terremoto del 16 de abril del 2016 provocó muchas afectaciones en la mayoría de estructuras que no cumplían con los requerimientos mínimos (normas), o que no contaban con una buena calidad de materiales, fallando la mampostería en su totalidad o incluso llegando al colapso de muros o paredes, [1] ocasionando pérdidas materiales o incluso muertes debido a la falla de dichos elementos; lo que sucede a menudo desde el diseño y la edificación de una obra ingenieril es que se realiza un tratamiento cuidadoso a elementos estructurales como columnas y vigas, sin embargo, no se presta atención a elementos no estructurales como paredes divisorias o muros de mampostería, las cuales terminan siendo las más afectadas, es por ello que el requerimiento de un

método adecuado para su tratamiento, mantenimiento y rehabilitación resulta necesario, ya que debe brindar características de resistencia estructural.

En el estudio de vulnerabilidad de escuelas en países en vías de desarrollo, se encontró que estas edificaciones se construyen con materiales poco dúctiles, con salas muy amplias y con grandes ventanas, por ejemplo, en Haití, Nepal, Mongolia e Indonesia. Estos son factores que contribuyen a la vulnerabilidad sísmica, por lo cual es importante el analizar técnicas metodológica para alcanzar la mejor disyuntiva de reparación considerando costo-beneficios, para el refuerzo de estas edificaciones. [2]

En países de la región, las edificaciones suelen estar construidas con muros de mampostería de arcilla, un ejemplo de esto es Colombia, país en el que la gran mayoría de edificaciones presentan bajas resistencias, estas edificaciones expuestas a eventos sísmicos, llegan a la falla o incluso el colapso total como consecuencia de la baja capacidad para disipar energía y su comportamiento poco dúctil. [3], las unidades de mampostería junto al espesor de las juntas de mortero inciden en el comportamiento de la mampostería no reforzada cuando esta se ve sometida a esfuerzos cortantes o eventos sísmicos, se encontró que la resistencia al corte se ve influenciada por la rugosidad de los ladrillos pues afecta a la adherencia entre la pieza y el mortero. En la mayoría de la ciudades o regiones del país no se siguen normas técnicas propias para el diseño y construcción de estructuras de mampostería. [4]

En el Ecuador, el déficit de vivienda sumado a la difícil situación económica recae en edificaciones de bajo presupuesto con materiales artesanales que hacen que las viviendas no cumplan los niveles adecuados, por lo tanto, las nuevas edificaciones deben cumplir los estándares de la NEC. [5]

Esta preocupación se fundamenta en que Ecuador es un país de alto peligro sísmico, pues durante los últimos 740 años se han registrado numerosos sismos que han devastado ciudades enteras como Ambato, Riobamba, Ibarra y más recientemente Portoviejo, Pedernales y Esmeraldas en el terremoto de 7,8 grados que ocurrió el 16 de abril del 2016, movimiento telúrico que ocasiono la destrucción de edificios y una afectación parcial en otras estructuras más, observando la influencia de la mampostería de relleno en el comportamiento inelástico en estructuras, tomando en cuenta su repuesta ante la patología atribuida a la interacción pórtico -mampostería “para ello la estructura enmarcada se diseña de forma que cumpla los requisitos NEC-SE” [6]

Las paredes de mampostería brindan rigidez en su plano a los pórticos, pero no aporta a la resistencia de la estructura, el análisis de los edificios sin y con mampostería y la patología que están sufren durante las sollicitaciones sísmicas [7]. La mampostería es un material o elemento heterogéneo muy utilizado en América Latina y el Mundo, empleándose de manera estructural, decorativa o divisoria etc. Usando está en el Ecuador como parte del sistema constructivo de edificaciones de forma común, determinando a este material como un elemento secundario en la estructura, “funcionando como cerramientos o detalles arquitectónicos, es decir, que no está diseñado para soportar cargas sísmicas”. [8]

La importancia del presente estudio corresponde a que en materia de ingeniería civil a nivel estructural se presta mayor atención a elementos calificados como “principales” como son las columnas, vigas y elementos de cimentación; pero poco se considera a las paredes. La mayoría de

las técnicas de reparación y refuerzos existentes, son costosas y en la práctica se aplican a edificaciones históricas o de especial importancia, [9]

Se evidencia que las paredes de mampostería, se encuentran constituidas en los edificios con un mayor volumen en relación a edificaciones unifamiliares, ya que en edificios tienen una relación mayor al 50% y llegan a tener más afectación debido a eventos sísmicos, y a su poca flexibilidad o por asentamientos diferenciales, causando daños económicos.

Existen múltiples beneficios en la presente investigación puesto que en la contratación de obra ya sea de índole pública o privada, el constructor debe ser capaz de sostener una mínima garantía sobre la edificación, de al menos un año, por ello la aplicación de este proceso beneficia la calidad y garantía de la obra entregada, además disminuye los gastos de mantenimiento preventivo y correctivo de las edificaciones, otro de los beneficios es la capacidad de las estructuras de los elementos de pared de ofrecer mayor seguridad a sus ocupantes.

Con los antecedentes expuestos podríamos cuestionarnos ¿Cuál es la contribución a la resistencia a corte que provee el uso de grapas de acero como refuerzo en la mampostería de ladrillo artesanal? De lo cual podríamos pensar que proveer de grapas de acero en paredes de mampostería de ladrillo artesanal, proporcionara un aumento en la resistencia al corte la cual puede verse afectada por agrietamientos.

Basándonos en lo indicado en NEC-SE-DS Las deformaciones generadas por la fuerza sísmica se calcularán de acuerdo al tipo de material y estructura, esta misma no deben exceder el 1% si se quiere evitar daños en mampostería, conociendo esto sabemos que el ensayo deberá realizarse por encima de este límite, para llegar al límite de falla y determinar si las grapas aportan a la resistencia a corte [10]. Cuando la estructura está sometida a una fuerza lateral, el muro de relleno tiende a conectarse con el pórtico que lo rodea, lo que puede dar lugar a diferentes formas de fallo dentro y fuera del plano del pórtico e inclusive se puede observar un aumento en la rigidez lateral de la estructura que puede provocar un cambio significativo en su respuesta sísmica, Por lo tanto, la mampostería no debe ser ignorada en el análisis y diseño de estructuras sometidas a cargas laterales [11]. El comportamiento de un muro frente a las cargas impuestas está determinado por las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que se emplean en su construcción y la capacidad de estos para resistir las fuerzas internas generadas.

Cuando los muros de mampostería no encuentran un adecuado confinamiento, una cantidad suficiente o detallado adecuado del refuerzo en los elementos confinantes, o no presentan ningún tipo de refuerzo, detectando 4 tipos de patrones de agrietamiento, que dan origen a fallas en los muros, que son: falla de corte por deslizamiento, falla de corte, falla de flexión, falla de aplastamiento por compresión diagonal como se observa en la Figura 2 [12]

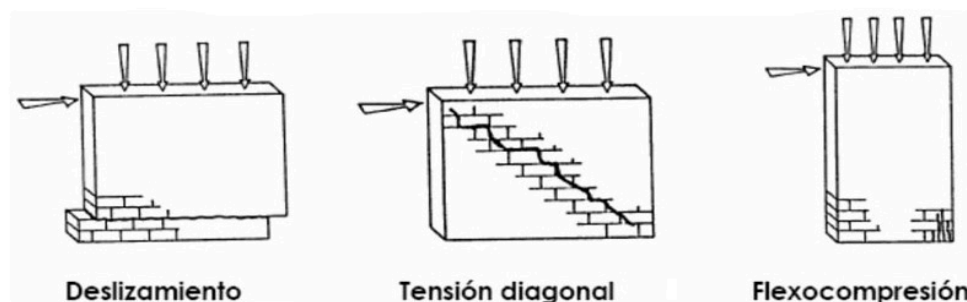


Figura 2: Revista Ingenierías Universidad de Medellín.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

Para realizar esta investigación de carácter experimental para los ensayos de muretes y prisma, se adquirió el material ladrillo de fabricación artesanal con medida de molde de 27 cm de base altura de 11 cm y espesor de 7cm, su fabricación está ubicado en el sector de colinas del porvenir del Cantón Montecristi, propiedad de Sr Klever Quiroz, fundada en el año 2014, su ubicación georreferenciado es ($1^{\circ}03'19.9''\text{S}$ – $80^{\circ}38'53.3''\text{W}$), como se observa en la figura 3.



Figura 3. Ubicación geográfica.

2.2. Metodología

El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar la resistencia a compresión y corte de la mampostería de ladrillo de barro cocido reparada con grapas de acero de refuerzo, este estudio se realizó de manera experimental a través de ensayos de muretes y prismas bajo condiciones controladas, empleando ladrillos de barro cocido de producción artesanal, además de mortero de pega pala unión de las unidades de mampostería, el cual estaba compuesto de Cemento Portland, arena y agua en una dosificación correspondiente a 1:2:0,5; el enfoque será cuantitativo puesto que el análisis de los datos corresponde a aspectos totalmente medibles que sirvan para hacer una estimación real de la contribución de las grapas de refuerzo a la mampostería de ladrillo artesanal [13].

El método empleado es experimental de campo y documental con el fin de establecer criterio que nos permitan generar un muestreo esperado para relacionar el comportamiento de las grapas de refuerzos en muros o paredes parcialmente afectadas, en relación al comportamiento de las grapas de refuerzo en paredes agrietadas.

El instrumento se consolida como una ficha para establecer aspectos fundamentales a ser observados y determinados en paredes reforzadas con grapas de refuerzo con la finalidad de conocer el nivel de eficiencia de este proceso en el mejoramiento de la resistencia a la presencia de fisuras y grietas en las paredes. Cada uno de los materiales utilizados en el desarrollo de este estudio son descritos a continuación:

Ladrillo

Los ladrillos fueron obtenidos en fábricas de producción artesanal, donde la principal materia prima es la arcilla, cada uno de estos elementos consta de una forma rectangular cocida a altas temperaturas, este material ha sido un pilar fundamental en la construcción de muchas obras ingenieriles, las dimensiones de las unidades de mampostería corresponde a 27cm x 11cm x 7cm correspondientemente a su base, altura y espesor, su sitio de fabricación es el sector ubicado en colinas del porvenir Cantón Montecristi Provincia de Manabí.

Se realizaron ensayos en los ladrillos para determinar la resistencia a compresión de estos elementos basándose en la ASTM C-67-05 correspondiente a la sección 7 [14], ensayando un total de 4 muestras, las cuales se extrajeron de las unidades de mampostería.

Para determinar la resistencia a compresión de las unidades de mampostería se calcula de la siguiente manera:

$$C = W/A$$

Donde C corresponde a la resistencia a compresión del espécimen medido en kg/cm^2 o MPa , W corresponde a la carga aplicada en N o lo que indique la maquina de ensayo, mientras que A corresponde al área neta de la sección bruta a ensayar. Los resultados de los ensayos realizados se presentan en la Tabla 1

Denominación	Dimensiones			Área	Carga		Esfuerzo
	Altura	Base	Espesor		Carga Total	Carga Aplicada	
	cm	cm	cm	cm ²	kN	kN/cm ²	MPa
1A	5,5	4,9	5,0	27	7,06	26,71	2,62
2A	5,7	4,8	5,0	27,4	7,14	26,61	2,61
3A	4,5	5,7	5,0	25,7	7,86	31,25	3,06
4A	4,6	5,8	5,0	26,7	9,87	37,72	3,70

Tabla 1: Resultados obtenidos correspondiente a la prueba a compresión en unidades de mampostería.

Mortero

El mortero es un material ligante compuesto por cemento portland, áridos finos y agua, mezclados en diferentes proporciones para obtener morteros de alta o baja resistencia, siendo esta mezcla comúnmente usada en funciones de pega o reparación de elementos estructurales o no estructurales.

Se realizaron ensayos para determinar la resistencia a compresión del mortero, cumpliendo la normativa establecida por la NTE INEN 488-09 [15], la cual establece parámetros para cumplir con los requerimientos generales en ensayos a 7, 14 y 28 días según su edad de ensayo en cubos de mortero de 50 mm de aristas, la cual se determina de la siguiente manera:

$$f'm = P/A$$

Donde $f'm$ corresponde a la resistencia a compresión del mortero medido en MPa , P corresponde a la carga aplicada por la máquina de ensayo medida generalmente en N o kN , mientras que A se refiere al área de la sección transversal del cubro sobre la cual se aplica la carga en mm^2 .

Acero de refuerzo

Certificado de calidad INEN del acero de refuerzo, como se demuestra en la figura 4.



Figura 4: certificado de calidad INEN

Muretes

La elaboración de los muretes se la realizó tomando en cuenta especificaciones normativas ASTM C67-05, capítulo 1 y 2 [14]; ASTM E519, [16]; NTE INEN 1573, en sus apartados 4 [17] además de lo indicado en la NEC-SE-MP, Cap. 8 construcción con base en pieza de mampostería por medio de mortero que no cumplen la cuantía mínima de refuerzo establecido, Cap. 10.1 Y Cap. 10.2 [18] todo esto con el fin de obtener los mejores resultados de ensayo en laboratorio y que estos resultados sean confiables para la cantidad de muestras que se realizan.

Los muretes fueron contruidos con las unidades de mampostería obtenidos del sitio de fabricación y el mortero preparado en sitio con una proporción 1:2, los cuales tienen una dimensión de 66cm x 66cm con juntas de mortero de 15 mm tanto en el sentido horizontal como vertical, como se observa en la figura 5 y 6.



Figura 5. Proceso de Elaboración de muretes y prismas.



Figura 6. Almacenaje de los muretes y prismas.

Metodología de Ensayo

Construcción de Muretes para Ensayos de Resistencia a Compresión Diagonal y Procedimiento de Ensayo

Estos elementos o especímenes se deben construir guardando las mismas condiciones que tendrán los materiales durante su elaboración y aplicando la misma mano de obra empleado en su proceso, con el objetivo de que se pueda tener datos más cercanos a los que se vayan a ejecutar en planta

Según la NEC (2015) [18] los muretes de mampostería deben cumplir con ciertas condiciones, entre las que destacan la longitud de las aristas, las cuales deben tener como mínimo un total de 60 cm por cada lado, se determina el espesor de las juntas verticales y horizontal previo a su construcción, una vez concluida su proseo de elaboración, estos se deben hidratar como parte de su tratamiento de curado correspondiente, con el fin de que se generen las condiciones óptimas para las unidades de mampostería como el mortero de pega, teniendo de esta forma el mismo

procedimiento que en los prismas, siendo cubiertos durante 14 días con polietileno de baja densidad, concluido su tiempo de curado estos se someten a las condiciones normales de laboratorio previo a su ensayo en el referente de 28 días, con al menos 24 horas antes de su ensayo se deben aplicar un refrentado en las zonas de los cabezales de apoyo, con una pasta de yeso la cual no debe ser mayor que 4 mm, para la aplicación de carga los muretes deben colocarse en un ángulo de 45 grados sobre la prensa de ensayo y se debe aplicar carga de forma gradual hasta alcanzar su falla.

Construcción de Prismas para Ensayos de Resistencia a Compresión y Procedimiento de Ensayo

Al realizarse la elaboración de un total de 4 prismas, constituidos por cinco hileras de unidades de mampostería y adheridos mediante juntas de mortero de aproximadamente 15 mm en ambos sentidos tanto vertical, como horizontal.

Concluida el proceso de construcción de los prismas se realizar el tratamiento de curado correspondiente transcurridas las 24 primeras horas desde su elaboración, asegurando las condiciones óptimas de resistencia del mortero y proporcionándole la correcta hidratación a cada uno de los elementos elaborados, posterior a su hidratación se realiza el siguiente paso de su tratamiento, se procede a cubrir cada uno de los elementos durante 14 días con polietileno de baja densidad, semanas previas a la realización de los ensayos se deben dejar descubiertos los elementos para que se sometan a las condiciones normales del laboratorio, los cuales serán ensayados cuando cumplan la edad de 28 días.

Es preciso la realización de un refrentado en las caras de apoyo de los prismas para que entre en contacto con los cabezales de carga, este refrentado se lo ejecuta con una pasta de yeso

Durante el proceso de ensayo, se limpian las placas de apoyo para evitar que algún agente externo modifique la superficie donde se va a asentar el elemento, se realiza una respectiva medición de cada una de las aristas que conformas el prisma, así como también de su base y espesor, la colocación de los transductores (LVDT) se debe realizar de manera adecuada, permitiendo que se obtengan los desplazamientos en la cara interna del prisma, para posteriormente ya chequeado las condiciones de montaje del espécimen, dar inicio al ensayo donde se aplicará carga de manera constante y de forma gradual hasta que llegue al punto de rotura.

2. 3. Métodos

Los ensayos de resistencia a compresión y compresión diagonal se realizaron siguiendo la norma ASTM E-519 [16] para muretes y la norma ASTM C-1314, en su capítulo 10 y 11 [19] para prismas.

□ Ensayos de Compresión Diagonal en Muretes

El esfuerzo a compresión diagonal se determina a partir de la siguiente formula:

$$S_s = \frac{0,707 * P}{A_n}$$

Donde:

⇒ S_s = Esfuerzo de corte de la mampostería

⇒ P = Carga aplicada en kN durante el ensayo

⇒ A_n = Área neta expresada en mm^2 de los elementos a ensayar

El área neta de la de los muretes de mampostería se calcula como:

$$A_n = \left(\frac{w + h}{2} \right) * t * n$$

Donde:

⇒ w = Base del elemento expresado en mm

⇒ h = Altura del elemento expresado en mm

⇒ t = Espesor total del elemento expresado en mm

⇒ n = porcentaje de la superficie bruta que es sólida, expresando en decimales

A partir de los valores obtenidos durante el ensayo se calcula la deformación a corte de los elementos ensayados

$$\gamma = \frac{\Delta_x + \Delta_y}{g}$$

Donde:

⇒ γ = Deformación a corte expresada en mm/mm

⇒ Δ_x = Acortamiento del elemento en dirección paralela a la carga, expresado en mm

⇒ Δ_y = Acortamiento del elemento en la dirección perpendicular a la carga, expresado en mm

⇒ g = Longitud calibrada del elemento en la dirección paralela a la carga, expresado en mm

De tal modo que se calcule el módulo de rigidez del elemento en base:

$$G = \frac{S_s}{\gamma}$$

□ Ensayos de Compresión en Prismas

La resistencia a compresión de la mampostería se determinará de la siguiente manera.

$$f'm = \frac{P}{A_n} * h_p/t_p$$

Donde:

- ⇒ $f'm$ = Resistencia a compresión de la mampostería.
- ⇒ P = Carga aplicada en N
- ⇒ A_n = Área transversal neta
- ⇒ h_p/t_p = Factor de corrección de esbeltez

Se determina el área transversal neta de los prismas de la siguiente manera

$$A_n = b * t$$

Donde:

- ⇒ A_n = Área transversal neta
- ⇒ b = Base
- ⇒ t = Espesor

Ensayos de resistencia a compresión y compresión diagonal se realizaron en el laboratorio de estructura, como se demuestra en la figura 7



Figura 7. Marco de reacciones del Laboratorio de Estructura de la Universidad Técnica de Manabí.

□ Cálculos de Grapas

El acero requerido para rehabilitar los muretes se calculó igualando la capacidad a corte del murete con el límite de fluencia del acero utilizado como grapas, de la siguiente manera:

$$F_y * A_s = F_m * A_m$$

$$As = Fm * \frac{Am}{Fy}$$

- Donde:
- ⇒ Fy: Punto de fluencia del acero
 - ⇒ As: Área total de acero
 - ⇒ Fm: Esfuerzo a corte de la mampostería
 - ⇒ Am: Área de la mampostería

Una vez calculado el acero requerido y elegido el diámetro de acero a utilizar, se determinó la cantidad de grapas de la siguiente manera:

$$n = \frac{As}{Av}$$

- Donde:
- ⇒ n: Cantidad de grapas requeridas
 - ⇒ Av: Área de la varilla escogida

Con estos cálculos se llegó a la distribución de grapas requeridas para el ensayo la cual se demuestra en la figura 8

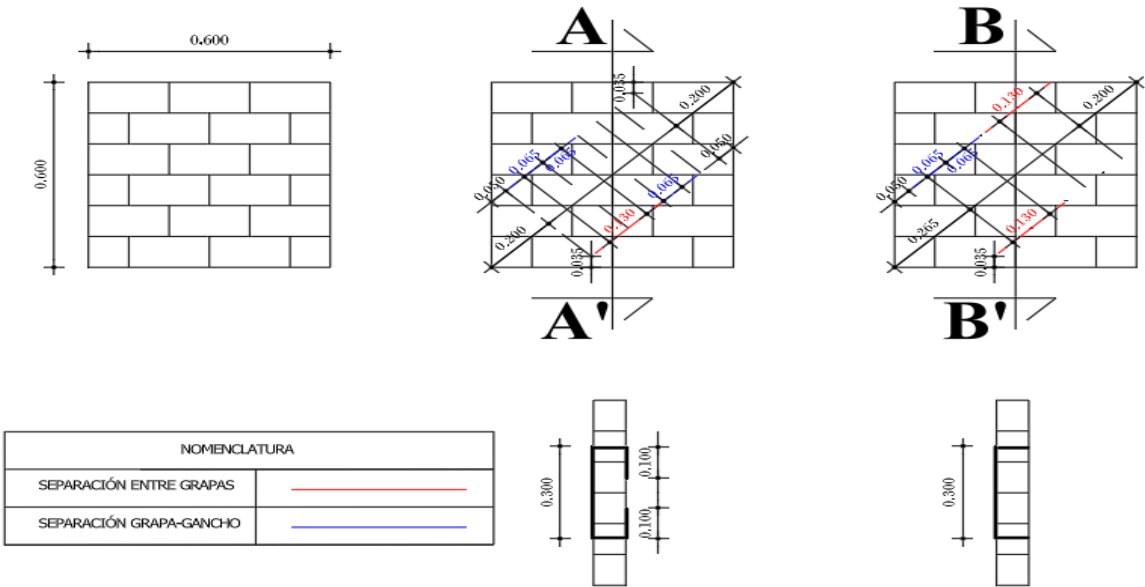


Figura 8.Configuración de grapas de reforzamiento

3. Resultados

Los ensayos fueron realizados en el Marco de Reacción del Laboratorio de Estructuras de la Universidad Técnica de Manabí, para analizar los resultados se ensayaron distintas configuraciones de muretes, las cuales fueron las siguientes como se demuestra en la tabla 2:

Configuración de Murete	Códigos
Ensayos de muretes sin reforzamientos	M1MC1, M7, M8, M9
Ensayos de muretes con grapas de refuerzo con anclajes	M1CA1, M2CA2, M3CA3
Ensayos de muretes con grapas de refuerzo sin anclajes sin resina	M1SASR1, M2SASR2

Ensayos de muretes con grapas de refuerzo sin anclajes con resina	M1SACR1, M2SACR2
Ensayos de muretes ensayado y reparado en sitio con grapas de refuerzo sin anclajes	M2RES1, M3RES2, M2RESCG1, M3RESCG2

Tabla 2. Configuración de muretes con su respectivo código.

Ensayos de muretes sin reforzamientos

Para los ensayos de muretes, los cuales fueron construidos sin ninguna modificación de características, es decir sin ningún tipo de reforzamiento para obtener datos referenciales. Se realizo los ensayos de los muretes donde contamos con 4 especímenes para determinar su capacidad de esfuerzo con su respectiva codificación, como se demuestra en la fig. 9 y 10, tab.3.



Figura 9: Ensayo de muretes sin reforzamiento

Denominación	Carga Max	Esfuerzo Max	Desplazamientos		Deformación Max	Módulo de rigidez
			Vertical	Horizontal		
	kN	MPa	mm	mm	%	MPa
M1MC1	65,260	0,636	0,562	1,044	0,265	239,409
M7	92,460	0,900	0,830	0,231	0,174	517,668
M8	67,370	0,656	0,452	0,669	0,185	354,078
M9	59,670	0,581	0,592	0,505	0,181	320,470
PROMEDIO	71,190	0,693			0,202	357,906

Tabla 3. Cuadro de resultados obtenidos de muretes ensayados sin reforzamiento.

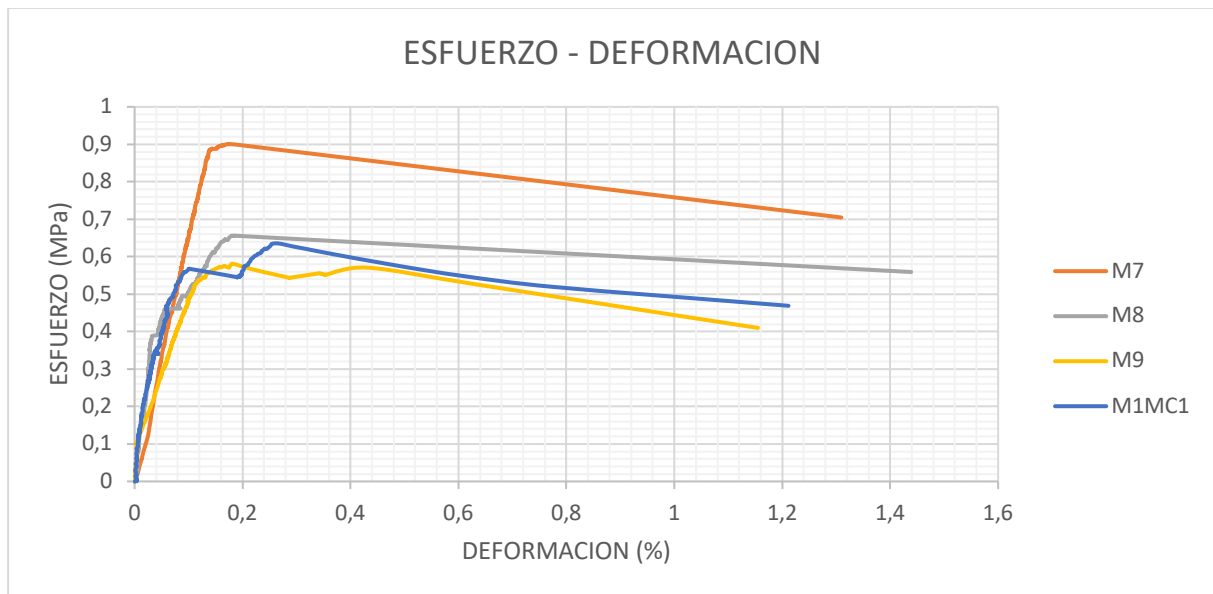


Figura 10: Gráfico Esfuerzo – Deformación de muretes sin reforzamiento

Ensayos de muretes con grapas de refuerzo con anclajes

Se realiza los ensayos simulando una fisura a 45° en los muretes, ejecutando un corte controlado para simular dicha falla y así se procede a realizar el reforzamiento con grapa de varilla de 5.5 mm con anclaje, dicho reforzamiento se lo realizo en ambas caras del murete colocando 4 grapas por cara de 30 cm y por el espesor del murete a 90° y un anclaje de 10 cm, mediante este método de reforzamiento se procede a realizar tres ensayos dando como resultado. como se demuestra en la fig. 11 y 12, tab.4.



Figura 11: Ensayo de muretes con grapas con anclaje de reforzamiento

Denominación	Carga Max	Esfuerzo Max	Desplazamientos		Deformación Max	Módulo de rigidez
			Vertical	Horizontal		
	kN	MPa	mm	mm	%	MPa
M1CA1	68,460	0,667	9,190	10,750	3,310	20,144
M2CA2	77,960	0,759	1,372	1,074	0,404	187,782

M3CA3	67,980	0,662	4,408	12,413	2,804	23,614
PROMEDIO	71,467	0,696			2,172	77,180

Tabla 4: Cuadro de resultados obtenidos de muretes con grapas con anclaje de reforzamiento

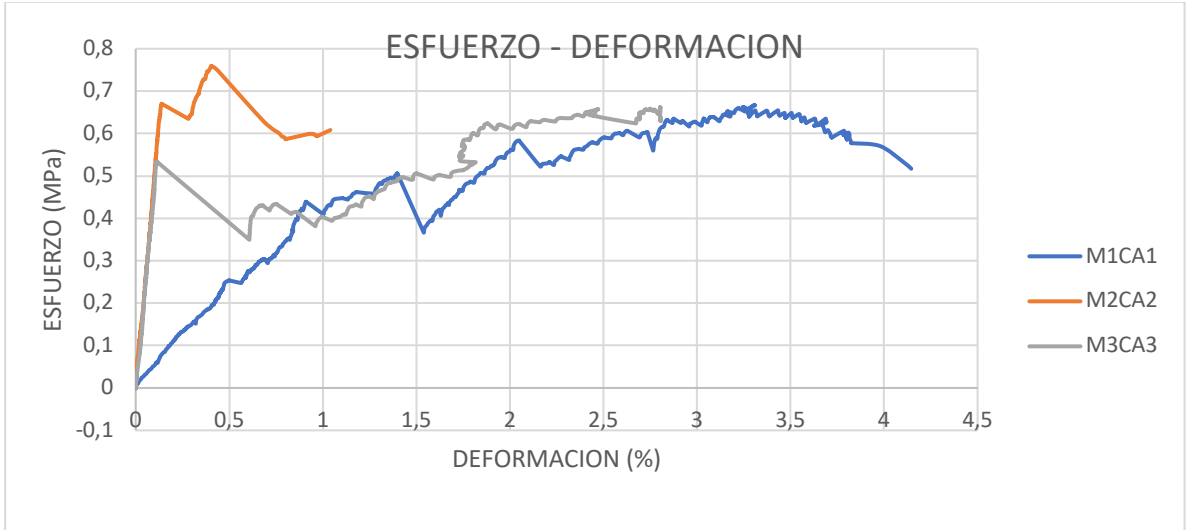


Figura 12: Gráfico Esfuerzo - Deformación de muretes con grapas con anclajes de reforzamiento

Ensayos de muretes con grapas de refuerzo sin anclajes sin resina

Se realiza los ensayos simulando una fisura a 45° en los muretes, ejecutando un corte controlado para simular dicha falla y así se procede a realizar el reforzamiento con grapa de varilla de 5.5 mm sin anclaje, dicho reforzamiento se lo realizo en ambas caras del murete colocando 4 grapas por cara de 30 cm y por el espesor del murete a 90°, para estos ensayos solo se colocó las grapas únicamente, mediante este método de reforzamiento se procede a realizar dos ensayos dando como resultado, como se demuestra en la fig. 13 y 14, tab.5.



Figura 13: Ensayo de muretes con grapas sin anclaje sin resina

Denominación	Carga Max	Esfuerzo Max	Desplazamientos		Deformación Max	Módulo de rigidez
			Vertical	Horizontal		
	kN	MPa	mm	mm	%	MPa
M1SASR1	75,300	0,733	4,729	11,884	2,735	26,815
M2SASR2	76,480	0,745	16,041	16,466	5,373	13,861
PROMEDIO	75,890	0,739			4,054	20,338

Tabla 5: Resultados obtenidos de los muretes con grapas, sin anclajes y sin resina.

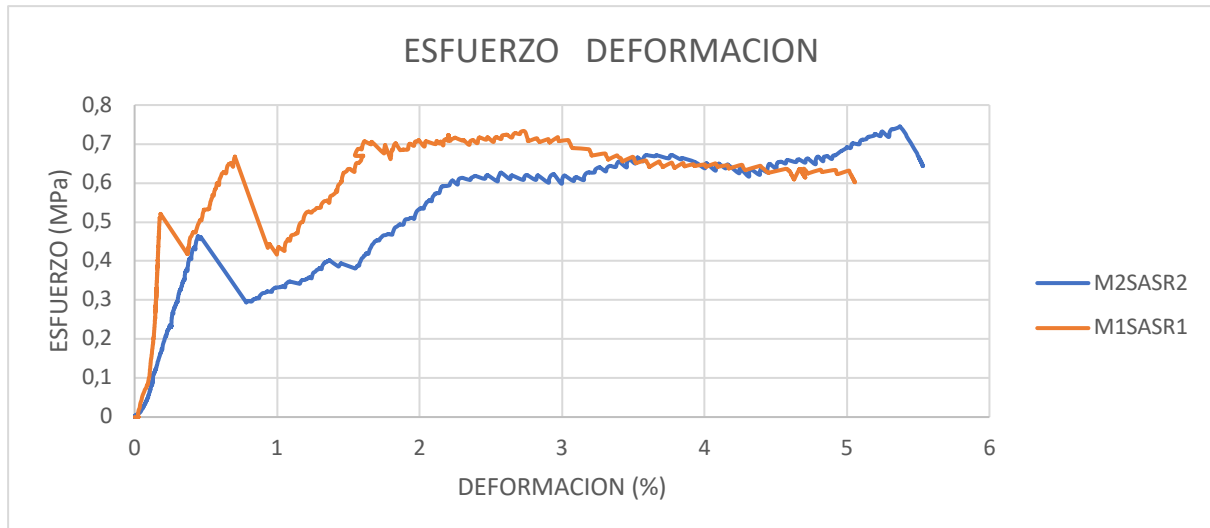


Figura 14: Gráfico esfuerzo - deformación de muretes con grapas sin anclaje sin resina de reforzamiento

Ensayos de muretes con grapas de refuerzo sin anclajes con resina

Se realiza los ensayos simulando una fisura a 45° en los muretes, ejecutando un corte controlado para simular dicha falla y así se procede a realizar el reforzamiento con grapa de varilla de 5.5 mm sin anclaje, dicho reforzamiento se lo realizo en ambas caras del murete colocando 4 grapas por cara de 30 cm y por el espesor del murete a 90° , para estos ensayos solo se colocó las grapas agregando resina al reforzamiento o grapa, procediendo a realizar dos ensayos dando como resultado, como se demuestra en la fig. 15 y 16, tab.6.



Figura 15: Ensayo de muretes con grapas sin anclaje con resina

Denominación	Carga Max	Esfuerzo Max	Desplazamientos		Deformación Max	Módulo de rigidez
			Vertical	Horizontal		
	kN	MPa	mm	mm	%	MPa
M1SACR1	86,490	0,842	3,444	4,431	1,302	64,707
M2SACR2	52,180	0,508	7,915	8,879	2,776	18,306
PROMEDIO	69,335	0,675			2,039	41,507

Tabla 6: cuadro de especificación de muretes con grapas sin anclaje con resina

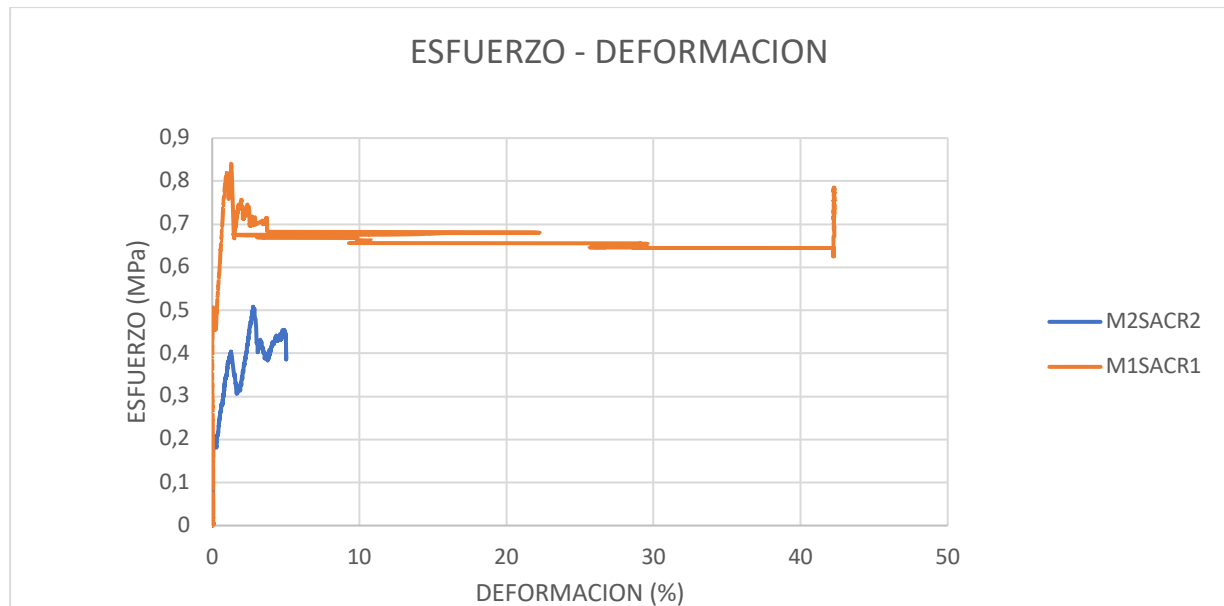


Figura 16: Gráfico esfuerzo – deformación de muretes con grapas sin anclaje con resina de reforzamiento

Ensayos de muretes sin reforzamiento y reparado en sitio con grapas de refuerzo sin anclajes

Para estos ensayos se utilizó dos especímenes, en el cual se ejecutó los ensayos dando con una resistencia inicial de los muretes sin reforzamiento quedando practicante fisurado en su totalidad, se procede a reparar en sitio para volver a someter a cargas, mediante el reforzamiento con grapa de varilla de 5.5 mm sin anclaje, dicho reforzamiento se lo realizo en ambas caras del murete colocando 4 grapas por cara de 30 cm y por el espesor del murete a 90°, para estos ensayos solo se colocó las grapas únicamente, mediante este método de reforzamiento, se los volvió a ensayar dando los siguientes resultados, como se demuestra en la fig. 17 y 18, tab.7 Y 8.



Figura 17: Ensayo de muretes rotos en sitio y reparados con grapas

Denominación	Carga Max	Esfuerzo Max	Desplazamientos		Deformación Max	Módulo de rigidez
	kN		Vertical	Horizontal		
		MPa	mm	mm	%	MPa
M2RES1	61,490	0,599	0,696	0,167	0,141	423,259
M3RES2	85,700	0,835	0,482	0,167	0,107	777,990
PROMEDIO	73,595	0,717			0,124	600,625

Tabla 7: Resultados obtenidos de los muretes rotos en sitio

Denominación	Carga Max	Esfuerzo Max	Desplazamientos		Deformación Max	Módulo de rigidez
	kN		Vertical	Horizontal		
		MPa	mm	mm	%	MPa
M2RESCG1	78,030	0,760	7,202	6,406	2,249	33,784
M3RESCG2	62,780	0,611	7,808	2,450	1,696	36,058
PROMEDIO	70,405	0,686			1,972	34,921

Tabla 8: Resultados obtenidos de los muretes reparados con grapas sin anclajes.

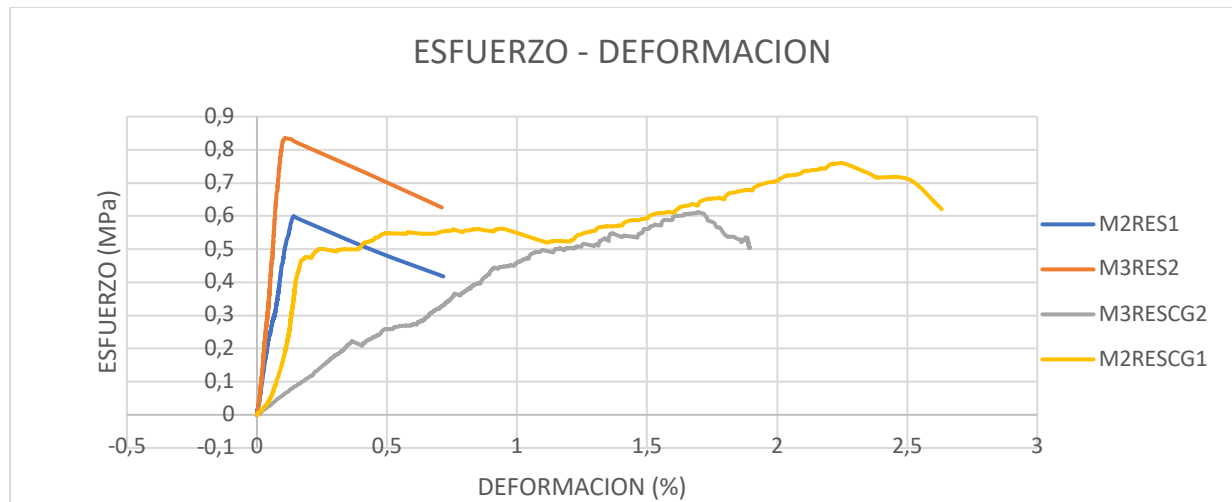


Figura 18: Gráfico esfuerzo – deformación de muretes roto en sitio y reparado con grapas

Ensayo de prismas

Para la realización de este ensayo se utilizaron un total de 4 prismas los cuales muestran un comportamiento típico bastante similar, de los elementos ensayados se obtienen mediante el dato de carga que el prisma PM1 es el que cuenta con una mayor capacidad de soporte de carga con un valor de 97,60 kN y un esfuerzo máximo de 3,2175 MPa y una deformación elástica de 0,63% siendo uno de los elementos más rígidos de los ensayados, el prisma PM2 continua en esta serie con un valor de carga de 96,06 kN y un esfuerzo de 3,15 MPa, sin embargo respecto a su deformación esta aumento a 1,57 % cerca de 2,5 veces más en relación al primer elemento, de los elementos ensayados el que presento una menor resistencia corresponde al prisma PM3 con una carga soportada de 91,05 kN y un esfuerzo máximo de 2,99 MPa, como se demuestra en la fig. 19 y 20, tab.9.



Figura 19: Ensayo de prismas

Denominación	Carga Max	Esfuerzo Max	Desplazamiento	Deformación Max	Módulo de elasticidad
	kN	MPa	mm	%	MPa
PM1	97,960	3,218	2,607	0,636	244,156
PM2	96,060	3,155	6,463	1,576	117,379
PM3	91,050	2,991	5,884	1,435	113,076
PM4	95,490	3,136	5,981	1,459	88,222

Tabla 9: Resultados obtenidos correspondiente a los prismas ensayados

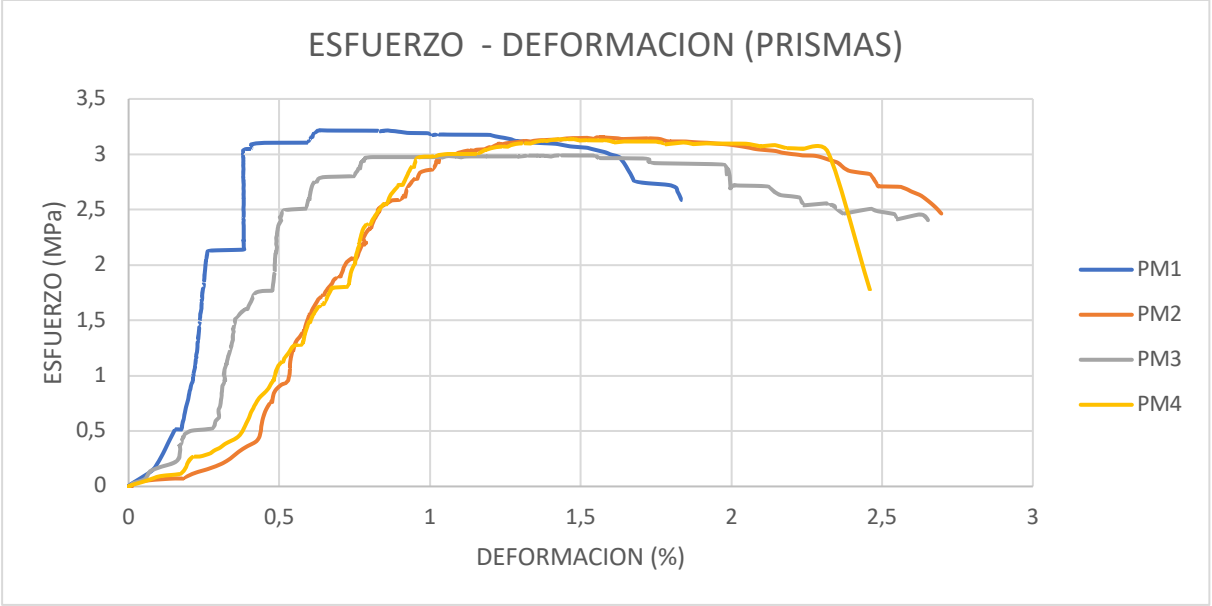


Figura 20: Gráfico esfuerzo – deformación correspondientes a los prismas ensayados

Tablas con código y grafico de ensayos unificado

En la tabla 10 y la figura 21, exponemos los ensayos de manera unificadas.

Configuración de Murete	Códigos
Ensayos de muretes sin reforzamientos	M1MC1, M7, M8, M9
Ensayos de muretes con grapas de refuerzo con anclajes	M1CA1, M2CA2, M3CA3
Ensayos de muretes con grapas de refuerzo sin anclajes sin resina	M1SASR1, M2SASR2
Ensayos de muretes con grapas de refuerzo sin anclajes con resina	M1SACR1, M2SACR2
Ensayos de muretes ensayado y reparado en sito con grapas de refuerzo sin anclajes	M2RES1, M3RES2, M2RESCG1, M3RESCG2

Tabla 10: Códigos de elementos ensayados.

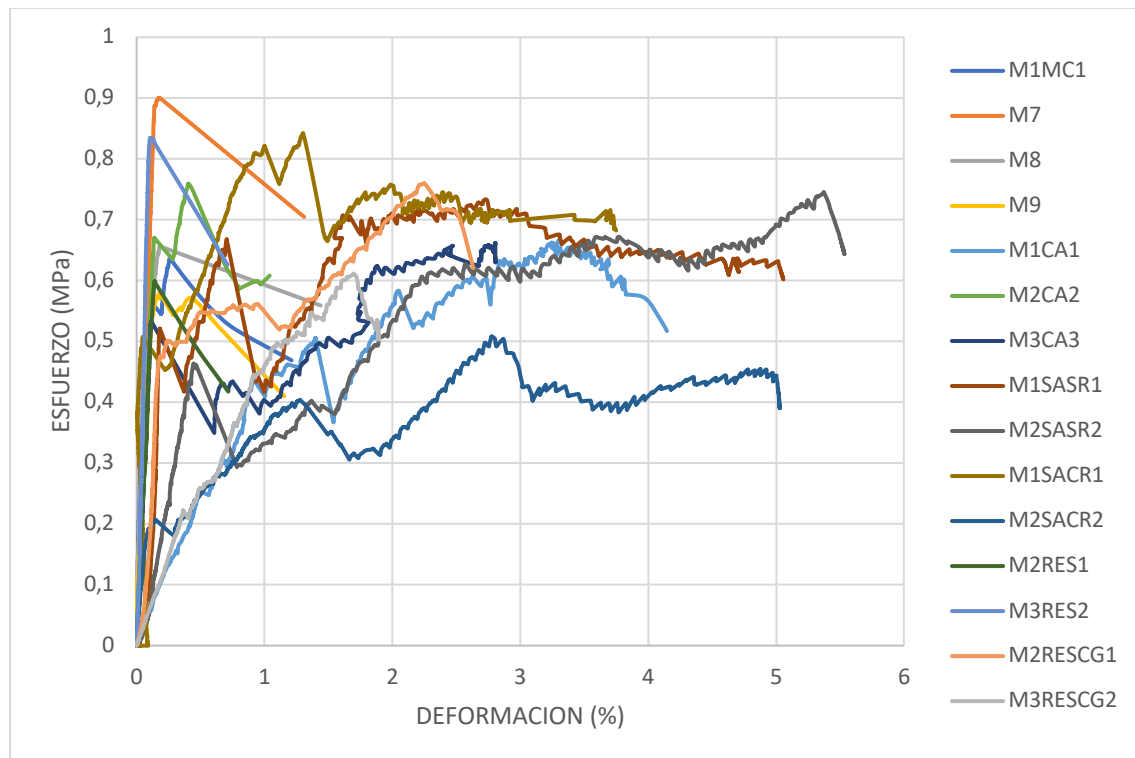


Figura 21: Grafico esfuerzo – deformación de los elementos ensayados.

4. Discusión

Los muretes ensayados sin reforzamiento muestran un comportamiento típico correspondiente a la mampostería, observados en la Tabla 3 donde los resultados obtenidos indican que se obtuvo una carga promedio de **71,19 kN** entre las muestras M1MC1, M7, M8 y M9, de las cuales el murete M7 es el que presenta una mayor carga y por ende un mayor esfuerzo, admitiendo más carga para llegar al punto de rotura, lo que implica que es un elemento más rígido en comparación a los demás elementos ensayados sin reforzamiento, con una deformación de **0,174%**, en la Figura 10 se puede apreciar las curvas esfuerzo –deformación correspondiente a los elementos sin reforzamiento.

En la Tabla 4 se presentan los resultados obtenidos de los elementos ensayados a los cuales se les agregó grapas con anclajes después de simular la falla, en los que se puede evidenciar que el elemento M2CA2 es el que presenta una mayor resistencia, mientras que la Figura 12 muestra las curvas esfuerzo – deformación que corresponde al comportamiento de los elementos ensayados, en los cuales se puede notar que las muestras M1CA1 y M3CA3 tienen una curva más prolongada determinada por varios picos de carga en los cuales por acción de las grapas el elemento aumentó su esfuerzo una vez que se llega a la fatigación del elemento de mampostería, sin embargo, la muestra M2CA2 es la que presenta un mayor esfuerzo y una menor deformación lo que sugiere una mejora notable en la forma en que trabajan las grapas formando un área de confinamiento en el lugar donde éstas fueron ubicadas.

La Tabla 5 presenta los resultados obtenidos de los elementos ensayados con grapas a los cuales no se les aplicó un anclaje en dirección paralela al espesor del elemento y que fueron ensayados sin resina poliéster, los resultados de carga muestran que estos elementos tuvieron un comportamiento similar a la hora de llevar a cabo el ensayo, lo que se puede evidenciar en la Figura 14 donde estos elementos tienen una curva compuesta por aumentos y descensos de carga

correspondientes al funcionamiento de las grapas en el área de confinamiento donde se ubicaron, siendo el elemento M1SASR1 el que presenta un mayor esfuerzo.

La Tabla 6 muestra los resultados de los elementos ensayados con grapas a los cuales no se les aplicó resina entre sus reforzamiento el cual tenía la función de actuar como un ligante entre el acero de refuerzo y las unidades de mampostería, siendo la muestra M1SACR1 el que presenta una mayor carga, lo que genera un mayor esfuerzo, que se puede evidenciar en la Figura 16 donde este elemento tiene una mayor curvatura con relación al segundo elemento sin embargo, el uso de la resina poliéster sugiere una mayor rigidez entre las grapas y la mampostería de modo que el elemento presenta una mayor rigidez ya que el elemento consigue disminuir significativamente sus deformaciones angulares.

Los muretes ensayados en sitio y que fueron reparados con grapas sin usar anclajes presentaron resultados satisfactorios que indican que el elemento puede recuperar hasta un **90%** de la carga necesaria para llevar el elemento a la rotura, con la diferencia de que una vez implementadas las grapas el elemento admite mayores deformaciones que corresponden al funcionamiento de los elementos de acero que se usan para la reparación del mismo, la Figura 18 muestra el comportamiento de estos elementos a través de las curvas de esfuerzo deformación obtenidas del procesamiento de datos.

Con respecto al ensayo de compresión realizados a los prismas, estas muestras buenos resultados como se observa en la Tabla 9 obteniendo valores similares correspondientes a la capacidad de carga que admite el elemento, el comportamiento de los mismos se puede observar en la Figura 20 donde el elemento denominado como PM1 es el que presenta el mayor esfuerzo y la menor deformación unitaria, clasificándolo como el elemento más rígido.

5. Conclusión

El estudio realizado determinó que la implementación de grapas de acero como parte de un reforzamiento inmediato en elementos de mampostería funciona de manera correcta y permite que los elementos ensayados recuperen cierta capacidad de carga, además de aumentar su deformación unitaria ante la acción de carga de corte y compresión lo que resulta beneficioso a nivel constructivo para elementos donde se requiere una intervención inmediata.

Al haberse realizado los ensayos de los muretes con sus diferentes configuraciones podemos determinar las siguientes observaciones.

En todas las configuraciones de armado de los muretes que se ensayó, se pudo recuperar más del 60% de su capacidad de carga inicial, con esto se determina que las grapas cumplen su función de proveer una recuperación considerable de la capacidad de la mampostería, además de admitir mayores deformaciones a los elementos ensayados.

Los muretes modelados con grapas con anclaje posterior no presentan una mayor resistencia con relación a la configuración de grapas sin anclajes, siendo similar su capacidad de carga en comparación a las a los otros modelos de grapas, en contraparte su armado y colocado es mucho más compleja y tiene mayor costo, por lo cual no es recomendable la utilización de anclajes posteriores en los reforzamientos con grapas.

Los muretes armados con grapas con resina generan la mayor recuperación de resistencia con respecto a las otras configuraciones ensayadas siendo que utilizar la resina es beneficioso para obtener mejores resultados, además de funcionar como un sellador entre las grietas donde se aplica la resina como ligante entre la mampostería y el acero de refuerzo.

Contribución de autores: Todos los autores han contribuido sustancialmente al trabajo.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

- [1] R. Aguiar y Y. Mieles, «Análisis de los edificios que colapsaron en portoviejo durante el terremoto del 16 de abril del 2016,» Revista internacional de ingeniería de estructuras, Vols. %1 de %221,3,257–282, pp. 1–28, 2016.
- [2] J. García y D. De León, «Reparación óptima de escuelas con muro de mampostería y marco de concreto con daños sísmico basada en confiabilidad,» Revista de ingeniería sísmica, n° 106, pp. 45–75, 2021.
- [3] C. Vega y N. Torres, «Reforzamiento externo de muros de mampostería no reforzada mediante polímeros reforzados con fibra de carbono,» Ingeniería E Investigación, vol. 38, n° 3, pp. 15–23, 2018.
- [4] D. F. Paez-M, «Comportamiento de la Mampostería Bajo Esfuerzos Cortantes Debido a Efectos Sísmicos,» Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol. 5, n° 8, pp. 91–104, 2006.
- [5] R. Brito-Peña, D. Villa-Enderica y E. Zalamea-León, «Análisis comparativo de confort térmico de vivienda unifamiliar en Isf frente a mampostería,» Ingenius. revista de ciencia y tecnología, n° 28, pp. 100–124, 2022.
- [6] C. Medina y P. Placencia, «Reducción de la Vulnerabilidad en Estructuras Esenciales de Hormigón Armado: Hospitales, Situados en Zonas de Alto Peligro Sísmico en el Ecuador,» Revista Politécnica, vol. 40, n° 1, 2017.
- [7] F. Miranda Villegas, «Análisis de Vulnerabilidad Sísmica con la Medición de Vibraciones y Reforzamiento Dinámico del Edificio de la Facultad de Contabilidad y Auditoría Bloque 2 de la Universidad Técnica de Ambato,» Ambato, 2021.
- [8] D. Paez Cornejo, «Influencia de muros de mampostería en el comportamiento de edificios de manta durante el terremoto de 16 de abril del 2016, Pedernales-Ecuador,» Third Annual State-of-The-Art in Civil Engineering Structure and Materials, 2017.
- [9] H. Ramírez de Alba y B. Carreón Guardado, «REPARACIÓN Y REFUERZO POR MEDIO DE FLEJES DE MUROS DE MAMPOSTERÍA PARA VIVIENDA DE BAJO COSTOS: ESTUDIO EXPERIMENTAL,» Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil, vol. 3, n° 2, pp. 1–14, 2003.
- [10] MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA, Norma Ecuatoriana de la Construcción-Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente – COD: NEC-SE-DS, Quito: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI, 2014.

- [11] J. Jativa, I. Torres, L. Hernandez y D. Arevalo, «Estudio del Reforzamiento de Mamposteria de Bloque de Hormigon Mediante Ensayos Destructivos Aplicados a Porticos de Acero con Juntas Apernadas,» Revista Politecnica, vol. 51, nº 2, 2023.
- [12] D. F. Paez Moreno, S. X. Parra Rojas y C. A. Montaña Gutierrez, «ALTERNATIVA ESTRUCTURAL DE REFUERZO HORIZONTAL EN MUROS DE MAMPOSTERIA,» Revista Ingenierias Universidad de Medellin, vol. 8, nº 14, pp. 51-69, 2009.
- [13] M. Gomez M, «Introduccion a la metodoligia de la investigacion cientifica,» Editorial bruja, 2009.
- [14] American Association State Higway and Transportation, ASTM – C67 – 05, 2012.
- [15] Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, Norma Tecnica Ecuatoriana, vol. INEN 488, Quito, 2009.
- [16] A. A. S. H. a. Transpotation, ASTM-E519/E519M-22, 2022.
- [17] Servicio Ecuatoriano de Normalizacion, Norma Tecnica Ecuatoriana, vol. INEN 3153, Quito, 2020.
- [18] MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA, Norma Ecuatoriana de la Construccin-Mamposteria Estructural – COD: NEC-SE-MP, Quito: Direccion de Comunicacion Social, MIDUVI, 2014.
- [19] American Association State Higway and Transportation, ASTM – C 1314 – 07, 2012.



© 2024 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

Evaluación de diversidad y abundancia de peces dulceacuicolas en subcuenca del río Baba, Buena Fé, Los Ríos, Ecuador.

Digna Jael Nivelá Andrade ¹  Marlene Luzmila Medina Villacis ¹  Adriana Mercedes Quevedo Loja ¹ 
Maira Elizabeth Freile Mera ¹  Luis Alejandro Bautista Palma ¹ 

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de posgrado, Quevedo, Ecuador.

✉ Correspondencia: dignajand.nivela@uteq.edu.ec  + 593 939913097

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj73182>

Resumen: Este estudio se centró en la evaluación de la biodiversidad de especies dulcesacuícolas en un ecosistema particular, utilizando un muestreo estratificado para representar la diversidad en distintos puntos de recolección. Mediante técnicas de captura e identificación taxonómica, se documentaron las especies presentes y su distribución en el área de estudio. Los resultados evidencian una diversidad significativa, con especies endémicas que destacan la importancia ecológica del ecosistema. Se observará que la abundancia y composición de especies varían en función de parámetros ambientales como pH y temperatura, sugiriendo una estrecha relación entre la calidad del agua y la biodiversidad. La investigación concluye que la conservación de estos hábitats es esencial para mantener su diversidad biológica y estabilidad ecológica. Los datos recopilados aportan una base para futuras estrategias de conservación y políticas ambientales orientadas a la protección y gestión sostenible de los recursos acuáticos.

Palabras claves: Afluentes, Ictiofauna, impacto ambiental, familias, Preservación.

Evaluation of the diversity and abundance of freshwater fish in the sub-basin of the Baba River, Buena Fe, Los Ríos, Ecuador.

Abstract: This study focused on assessing the biodiversity of freshwater species in a particular ecosystem, using stratified sampling to represent diversity at different collection points. Using capture and taxonomic identification techniques, the species present and their distribution in the study area were documented. The results show a significant diversity, with endemic species that highlight the ecological importance of the ecosystem. Species abundance and composition vary according to environmental parameters such as pH and temperature, suggesting a close relationship between water quality and biodiversity. The research concludes that the conservation of these habitats is essential to maintain



Cita: Digna Jael, N. A., Marlene Luzmila, M. V., Adriana Mercedes, Q. L., Maira Elizabeth, F. M., & Luis Alejandro, B. P. (2024). Evaluación de diversidad y abundancia de peces dulceacuicolas en subcuenca del río Baba, Buena fe, Los ríos, Ecuador. Green World Journal, 07(03), 182. <https://doi.org/10.53313/gwj73182>

Received: 25/September/2024

Accepted: 30/October/2024

Published: 31/October/2024

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.



© 2024 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

their biological diversity and ecological stability. The data collected provide a basis for future conservation strategies and environmental policies aimed at the protection and sustainable management of aquatic resources.

Keywords: Masonry; Affluents, Ichthyofauna, environmental impact, families, Preservation.

1. Introducción

La biodiversidad de los ecosistemas acuáticos dulceacuícolas desempeña un papel fundamental en la regulación ecológica de las áreas que atraviesan, aportando servicios ecosistémicos clave como la regulación de los ciclos del agua, la retención de nutrientes y la provisión de hábitats para múltiples especies. Los peces, en particular, no solo sostienen las cadenas tróficas locales, sino que también contribuyen al bienestar de las comunidades humanas que dependen de estos recursos para su sustento y actividades económicas [1]. En este contexto, Ecuador, siendo uno de los países más megadiversos del mundo, presenta una gran cantidad de cuerpos de agua y ecosistemas acuáticos. Entre ellos destaca la subcuenca del río Baba, ubicada en el cantón Buena Fe, provincia de Los Ríos, un área de enorme importancia ecológica y económica por su capacidad de albergar una amplia gama de especies dulceacuícolas que representan no solo un recurso natural, sino también un pilar en las prácticas culturales y de subsistencia de las poblaciones locales [2].

Sin embargo, en las últimas décadas, este ecosistema se ha visto severamente afectado por el incremento de las actividades humanas, tales como la agricultura intensiva, la expansión de la frontera ganadera y el desarrollo urbano [3]. Estos factores han alterado significativamente los parámetros de calidad de agua, como el pH, la temperatura, la turbidez y los niveles de oxígeno disuelto, afectando directamente la diversidad y la abundancia de especies de peces y generando la urgente necesidad de evaluar el estado actual de la biodiversidad en esta subcuenca [4]. Además, se busca identificar los impactos ambientales y antropogénicos que están contribuyendo a su degradación, con el fin de establecer líneas de base científicas que orienten las políticas de conservación y manejo sostenible de los recursos acuáticos en la región [5].

La presente investigación tiene como objetivo principal llevar a cabo un análisis exhaustivo de la diversidad y abundancia de las especies de peces dulceacuícolas presentes en la subcuenca del río Baba [6]. Para ello, se utilizará una combinación de metodologías que incluye muestras de campo, análisis estadísticos y la identificación de patrones de distribución espacial de las especies en función de las variables ambientales [7]. Asimismo, se realizará un diagnóstico de las amenazas que enfrentan estos recursos acuáticos en la actualidad, lo cual implica no solo el estudio de factores internos del ecosistema, sino también de las presiones externas derivadas de las prácticas de uso de suelo en la región, la explotación de los recursos hídricos y la contaminación resultante de los procesos agrícolas y urbanos [8].

Estos aspectos son fundamentales para establecer un contexto claro sobre el grado de alteraciones de este ecosistema y sus efectos en la dinámica poblacional de las especies de peces. Una disminución en la diversidad y en la abundancia de especies no solo indica un deterioro de la calidad del hábitat, sino que también puede desencadenar una serie de efectos en cascada que afectan a otras especies y procesos ecológicos en la cuenca [9]. Por lo tanto, este estudio también pretende aportar información valiosa que permita a las autoridades ambientales y a las organizaciones locales diseñar e implementar estrategias de conservación efectivas que promuevan la restauración de la calidad del agua y la protección de los hábitats críticos en la subcuenca del río Baba [10].

De este modo, se contribuye a la sostenibilidad de este recurso vital y a la mejora de las condiciones de vida de las comunidades que dependen de él. A largo plazo, el objetivo es lograr un equilibrio entre el aprovechamiento de los recursos naturales y la preservación de la biodiversidad en la región, promoviendo un modelo de desarrollo sustentable que considere no solo las necesidades actuales, sino también las de las futuras generaciones [11]. En este sentido, este estudio se convierte en un paso esencial hacia el entendimiento profundo de los factores que determinan la composición y estructura de las comunidades de peces dulceacuícolas en un ecosistema de gran relevancia ecológica como lo es la subcuenca del río Baba [12].

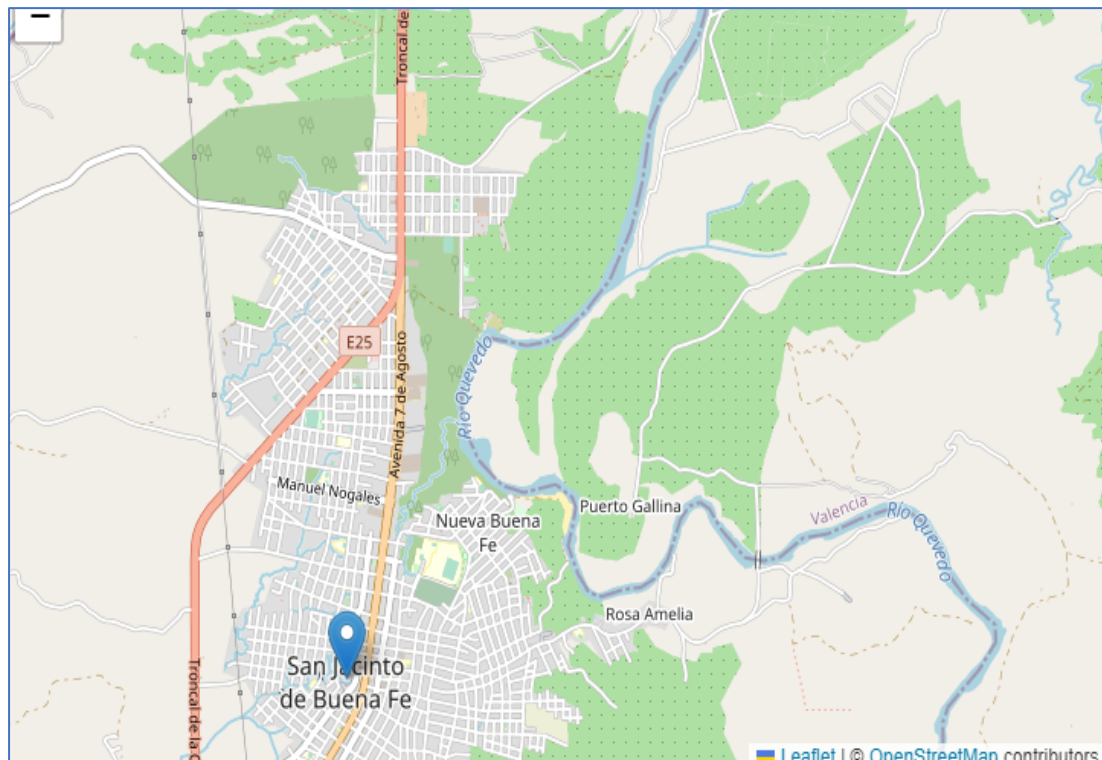
La investigación aportará datos científicos que enriquecerán el conocimiento sobre los patrones de biodiversidad acuática en Ecuador y facilitarán la toma de decisiones informadas orientadas a la mitigación de los impactos negativos que las actividades humanas están generando en los ecosistemas fluviales [13]. Además, permitirá sentar precedentes para la implementación de planes de manejo adaptativo que puedan responder eficazmente a los cambios en el ambiente y las necesidades de conservación de las especies en peligro. De esta manera, se asegura la resiliencia y la estabilidad de las poblaciones de peces en el contexto de un mundo cambiante y cada vez más influenciado por la actividad humana [14].

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

La investigación se realizó en el cantón Buena Fe, provincia de Los Ríos, Ecuador, a lo largo del río Baba, a 64 m sobre el nivel del mar, con un clima tropical lluvioso. El estudio duró cuatro meses, de septiembre a diciembre de 2023 [15]. Las condiciones meteorológicas del área incluyeron temperaturas promedio de 29.5 °C y 21.6 °C, con una humedad relativa del 82%.

Figura 1. Área de estudio



La investigación fue de tipo exploratorio y descriptivo, evaluando la cantidad y variedad de peces a lo largo de 40 kilómetros en cuatro sitios de pesca (Zulema, Isla de Pato, Soledad y El Tigre), mediante pesca artesanal semanal. Se aplicó un diseño experimental aleatorio con cuatro sitios y cuatro réplicas [16]. Los datos se analizan con métodos estadísticos en Excel e InfoStat, empleando análisis multivariante para evaluar relaciones entre variables. La investigación se basó en parámetros biométricos como la relación peso-longitud y el factor de condición K, además de calcular la diversidad y abundancia de especies usando el índice de Shannon. Las variables incluyen diversidad y abundancia de especies, biomasa y factores como el índice del valor de importancia (IVI) para identificar especies dominantes. La investigación contó con balanzas de precisión, ictiómetro, calibrador, redes y otros equipos necesarios para las mediciones y recolección de datos. La tutora fue la Ing. Marlene Medina Villacís, MSc., y la investigadora principal fue la Ing. Digna Jael Nivela Andrade.

2.2. Diseño Experimental de la investigación

Se utilizó un diseño completamente aleatorio (DCA) con 4 sitios de pesca considerados como tratamientos y 4 réplicas en cada sitio [17]. Para analizar los medios y determinar la significancia estadística, se aplicó la prueba de Tukey [18] con un nivel de significancia del 0.05%.

Los datos recolectados se organizaron en registros y tablas en Excel, y se procesaron mediante el software estadístico InfoStat [19]. Se empleó el análisis de coordenadas

principales para explorar la interdependencia entre variables categóricas y obtener una representación gráfica que muestre la distancia entre individuos. Los resultados estadísticos se presentan como media ± desviación estándar (SD). El trabajo de campo se realizó durante.

Tabla 1. Diseño experimental

Fuente de variación	Grados de libertad	
Tratamientos	t – 1	3
Error experimental	t(r– 1)	12
Total	t.r– 1	15

Se realizó un análisis de distancias mediante el Árbol de Recorrido Mínimo (ARM) [20] y el análisis de coordenadas principales, utilizando variables como longitud, ancho y peso de las especies, y su clasificación. Se crearon gráficos de dispersión y una matriz de distancias. Para el análisis, se usaron funciones de distancia para convertir similitudes a distancias y los medios como medida de posición.

Las variables estudiadas incluyen diversidad de especies, abundancia en el río Baba y Buena Fe, parámetros biométricos, relación peso-longitud, factor de condición K, biomasa general y de especies dominantes.

La abundancia relativa se calculó contando individuos por especie, y la diversidad de especies se estimó con el índice de Shannon. La relación peso-longitud y el factor K ayudarán a evaluar el crecimiento y el estado del ecosistema acuático. La biomasa de especies dominantes se evaluó como indicador de equilibrio en la comunidad.

3. Resultados

3.1. Determinación de la diversidad de especies dulceacuícolas

La Tabla 2 presenta los valores sobre la diversidad de peces en los sitios de pesca de la subcuenca del río Baba, en el cantón Buena Fe. Se identifican 8 especies pertenecientes a 6 familias, tanto nativas como endémicas. El Tigre destaca como el sitio más diverso, con 7 especies, seguido por Soledad y San Javier, con 6 especies cada uno. Zulema mostró la menor diversidad, con solo 4 especies.

Tabla 2. Diversidad de peces, sitios de pesca, Río Baba Cantón Buena Fe.

Sitios de Pesca	Familia	Nombres científicos	Nombre común	Grupo trópico	Distribución
-----------------	---------	---------------------	--------------	---------------	--------------



					altitudinal msnm
Sitio de pesca San Javier	<i>Prochilodontidae</i>	<i>Ichthyoelephas humeralis</i>	Bocachico	herbívoros	84
	<i>Bryconidae</i>	<i>Brycon alburnus</i>	Dama	Omnívoro	84
	<i>Curimatidae</i>	<i>Pseudocurimata boulengeri</i>	Dica	Omnívoro	84
	<i>Eleotridae</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia	Omnívoro	84
	<i>Bryconidae</i>	<i>Prochilodus lineatus</i>	Sábalo	Omnívoro	84
	<i>Cichlidae</i>	<i>Andinoacara rivulatus</i>	Vieja azul	Omnívoro	84
Sitio de pesca El Tigre	<i>Prochilodontidae</i>	<i>Ichthyoelephas humeralis</i>	Bocachico	herbívoros	97
	<i>Bryconidae</i>	<i>Brycon alburnus</i>	Dama	Omnívoro	97
	<i>Curimatidae</i>	<i>Curimatidae curimatorbis</i>	Dica	Omnívoro	97
	<i>Bryconidae</i>	<i>Prochilodus lineatus</i>	Sábalo	Omnívoro	97
	<i>Eleotridae</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia	Omnívoro	97
	<i>Cichlidae</i>	<i>Andinoacara rivulatus</i>	Vieja azul	Omnívora	97
	<i>Erythrinidae</i>	<i>Hoplias microlepis</i>	Guanchiche	Characiforme	97
Sitio de pesca Soledad	<i>Prochilodontidae</i>	<i>Ichthyoelephas humeralis</i>	Bocachico	herbívoros	75
	<i>Curimatidae</i>	<i>Curimatidae curimatorbis</i>	Dica	Omnívoro	75
	<i>Erythrinidae</i>	<i>Hoplias microlepis</i>	Guanchiche	Carnívoro	75
	<i>Cichlidae</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia	Omnívoro	75
	<i>Bryconidae</i>	<i>Brycon alburnus</i>	Dama	Omnívora	75
	<i>Cichlidae</i>	<i>Mesoheros festae</i>	Vieja roja	Omnívora	75
	<i>Prochilodontidae</i>	<i>Ichthyoelephas humeralis</i>	Bocachico	herbívoros	88

Sitio de	<i>Cichlidae</i>	<i>Oreochromis</i>	<i>Tilapia</i>	<i>Omnivoro</i>	88
pesca		<i>niloticus</i>			
	<i>Bryconidae</i>	<i>Brycon alburnus</i>	<i>Dama</i>	<i>Omnivoro</i>	88
Zulema	<i>Curimatidae</i>	<i>Curimatidae</i>	<i>Dica</i>	<i>Omnivoro</i>	88
		<i>curimatorbis</i>			

3.2. Determinación de Abundancia de especies dulceacuícolas

La Tabla 3 presenta los valores sobre la abundancia de peces en los sitios de pesca del cantón Buena Fe. En total, se registraron 1,526 ejemplares pertenecientes a 8 especies y 6 familias, tanto nativas como endémicas. La especie más abundante fue *Prochilodontidae* (*Ichthyoelephas humeralis*), con 788 individuos, seguida de *Curimatidae* (*Pseudocurimata boulengeri*) con 353 y *Bryconidae* (*Brycon alburnus*) con 236. Las especies con menor abundancia fueron *Cichlidae* (*Andinoacara rivulatus*) con 2 y *Cichidae* (*Mesoheros. festae*) con 1 individuo. Zulema fue el sitio con mayor abundancia, con 413 peces, seguido de El Tigre con 408 y Soledad con 370, mientras que San Javier tuvo la menor cantidad, con 335 individuos.

Tabla 3. Abundancia de peces, sitios de pesca, San Javier, El Tigre, Soledad y Zulema, Río Baba del Cantón Buena Fe.

N o	Familia	Especie	Sitios de Pescas				Total	% Acumulado
			San Javier	El Tigre	Soledad	Zulema		
1	<i>Prochilodontidae</i>	<i>Ichthyoelephas humeralis</i>	138	226	188	236	788	51,64
2	<i>Bryconidae</i>	<i>Brycon alburnus</i>	107	44	17	68	236	15,47
3	<i>Curimatidae</i>	<i>Pseudocurimata boulengeri</i>	73	67	143	70	353	23,13
4	<i>Bryconidae</i>	<i>Prochilodus lineatus</i>	1	16	0	0	17	1,11
5	<i>Cichlidae</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	15	31	16	39	101	6,62
6	<i>Cichlidae</i>	<i>Andinoacara rivulatus</i>	1	1	0	0	2	0,13

7	Cichlidae	Mesoheros festae	0	0	1	0	1	0,07
8	Erythrinidae	Hoplias microlepis	0	23	5	0	28	1,83
Totales			335	408	370	413	1526	100
Promedio			41,8 8	51	46,25	51,63	190,7 5	
D.S.			56,0 9	74,1 0	74,88	80,55	272,9 3	

3.4. Biomasa de la ictiofauna capturada

Durante el período de estudio se colectaron 1.527 individuos distribuidos en 8 especies (Tabla 4), muestra los porcentajes de la biomasa para cada especie, de acuerdo con estos resultados el bocachico presentó una biomasa de 39,88% seguido de la tilapia con 23,28%, por consiguiente, la dica con 21,78%, la dama con 11,38%, las biomásas más bajas en este muestreo se presentaron en las especies sábalo, Guanchiche, vieja azul, vieja colorada.

También hay que especificar en esta variable de estudio que las colectas en los sitios determinados fueron en los meses de presencia e inicios de temporada invernal, las colectas se realizaron entre septiembre y diciembre del 2023, se debe acotar además que hubo la presencia del Fenómeno del Niño, fenómeno climático que afecta directamente en la abundancia de peces en aguas continentales, a decir de los pescadores artesanales se notó la diferencia entre los años anteriores a este por la presencia de dicho fenómeno no fue tan buena como en años anteriores.

Tabla 4. Biomasa de peces sitios de pesca, San Javier, El Tigre, Soledad y Zulema, Rio Baba del Cantón Buena Fe.

Nombre común	Nombre científico	Grupo trópico	N.	Long Total (cm)	Ancho (cm)	Peso (g)	Biomasa X	%
				Max Min	Max Min	Max Min		

Bocachico	<i>Ichthyoelephas humeralis</i>	herbívoro	788	32	16	4,5	1,8	552	52	4349,76	39,88
Dama	<i>Brycon alburnus</i>	Omnívoro	236	37	16	4	1,7	526	54	1241,36	11,38
Dica	<i>Pseudocurimata boulengeri</i>	Omnívoro	353	37	16	4,7	3,9	673	11	2375,69	21,78
Sábalo	<i>Prochilodus lineatus</i>	Omnívoro	18	48	37	5,3	3,9	1136	467	204,48	1,87
Tilapia	<i>Oreochromis niloticus</i>	Omnívoro	101	64	20	6	1,5	2514	36	2539,14	23,28
Guanchiche	<i>Hoplias microlepis</i>	Carnívoro	28	46	17	4,6	1,9	682	104	190,96	1,75
Vieja azul	<i>Andinoacara rivulatus</i>	Omnívoro	2	23	18	3	2,7	176	119	3,52	0,03
Vieja roja	<i>Mesoheros festae</i>	Omnívoro	1	26		3,5		110		1,10	0,01

Total	1527	10906,01	100,00
-------	------	----------	--------

3.5. Identificación de parámetros biológicos

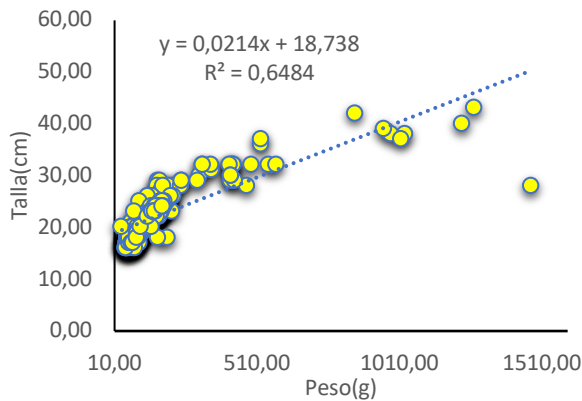
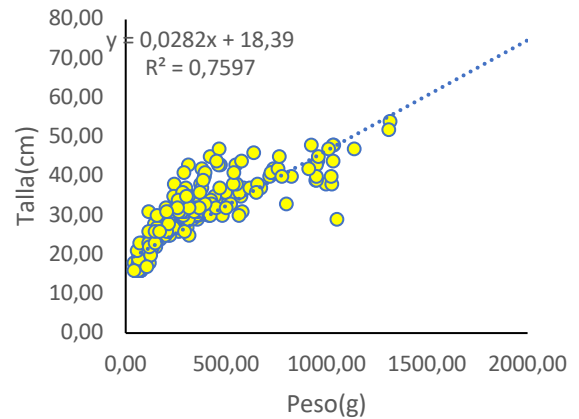
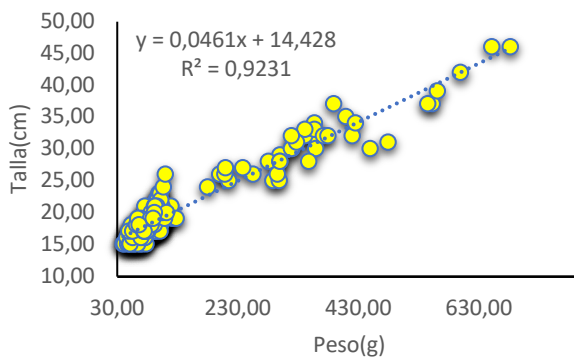
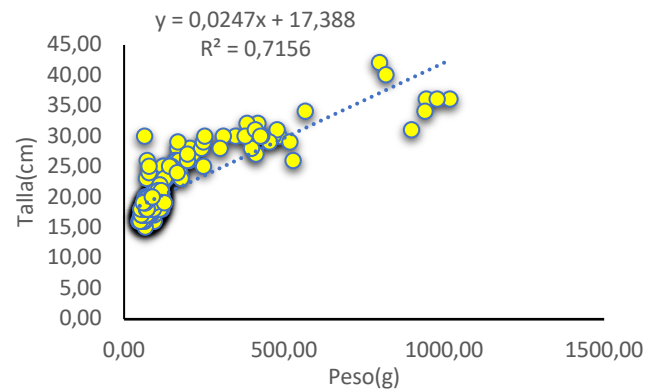
Los resultados muestran que la tilapia (*Oreochromis niloticus*) tuvo el valor más alto en el (K), con 1.46 ± 0.75 , mientras que el Guanchiche presentó un valor más bajo, de 0.87 ± 0.33 . En el sitio de muestreo, La Soledad obtuvo el mejor resultado con 1.34 ± 0.18 , lo que indica una diferencia significativa en comparación con otros sitios y con respecto a la especie analizada.

Tabla 5. Parámetros de factor de condición (k).

ESPECIES	
BOCACHICO	$1,27 \pm 0,30$ b
DICA	$1,22 \pm 0,26$ b
DAMA	$1,13 \pm 0,30$ b
TILAPIA	$1,46 \pm 0,75$ c
GUANCHICHE	$0,87 \pm 0,33$ a
SÁBALO	$1,10 \pm 0,11$ b
SITIO	
San Javier	$1,27 \pm 0,41$ b
El Tigre	$1,18 \pm 0,30$ a
Soledad	$1,34 \pm 0,18$ c
Zulema	$120 \pm 0,39$ a
C.V	27,13
Valor P	<0,0001

El factor de condición muestra la relación peso- talla de las especies recolectadas en los 4 sitios de muestreos, presentando en el sitio la Soledad como el mejor resultado con un $r^2=0,92$ seguido del Tigre con $r^2= 0,75$, el sitio Zulema $r^2= 0,71$ mostrando en el sitio San Javier un resultado bajo con $r^2=0,64$. Esto indica que tienen diferentes niveles de correlación entre su peso y altura, con La Soledad mostrando la correlación más fuerte y San Javier la más débil. Esto podría sugerir variaciones en las condiciones ambientales, alimentación u otros factores que afectan el crecimiento y desarrollo de los peces en cada sitio de muestreo.

3.5 Especies dominantes dulceacuícola

RELACION TALLA-PESO ESPECIES EN EL SITIO SAN-JAVIER*Figura 2. Relación peso-talla sitio de pesca, San Javier***RELACION TALLA-PESO EN EL SITIO TIGRE***Figura 3. Relación de peso-talla sitio de pesca El Tigre***RELACION PESO-TALLA DE ESPECIES ENCONTRADAS EN EL SITIO SOLEDAD - CERRO BRAVO***Figura 4 Relación peso-talla sitio de pesca Soledad***RELACION PESO-TALLA ENCONTRADAS EN EL SITIO- ZULEMA***Figura 5. Relación peso-talla sitio de pesca Zulema*

Las especies dominantes que se encontraron en los sitios de muestreo señala que la familia Prochilodontidae predominó en el área con un total de 788 organismos vivos, al igual que la familia Curimatidae con un total de 353 y el Bryconidae con 236, las familias en las cuales se encontraron pocas especies fueron Eleotridae 101, Erythrinidae 28, Cichlidae 3 respectivamente.

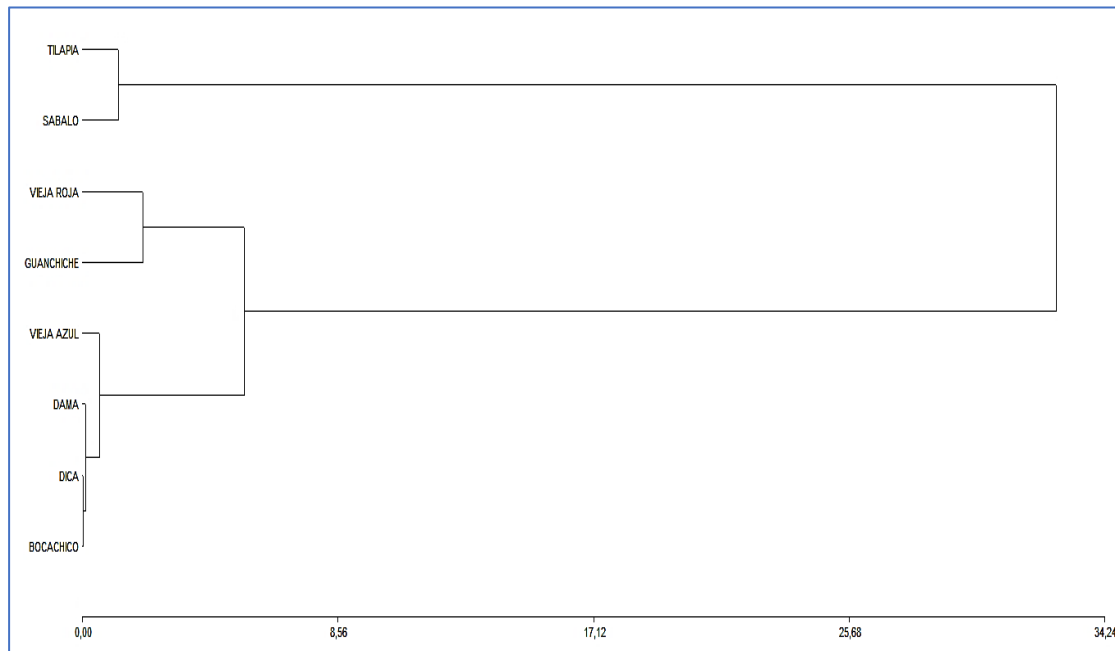


Figura 3. Especies dominantes dulceacuícolas

4. Discusión

La investigación sobre la diversidad de especies dulceacuícolas en la subcuenca del Río Baba, Cantón Buena Fe, Los Ríos, aborda la variabilidad de la ictiofauna en diferentes regiones geográficas y sus implicaciones ecológicas. Este análisis se fundamenta en estudios previos, destacando la importancia de las condiciones ambientales y la diversidad de hábitats en la distribución de especies de peces.

En el estudio de [21] sobre Guangxi, China, se identifican 380 especies de peces dulceacuícolas, incluyendo 128 especies endémicas y 83 especies de caverna. La investigación mostró que la diversidad de especies disminuyó de noroeste a sureste, sugiriendo variaciones en la distribución y la riqueza de especies en diferentes áreas. A pesar de la riqueza de especies en Guangxi, los hallazgos en la subcuenca del Río Baba reflejan una menor diversidad, con solo 12 familias de peces identificadas, entre las cuales 7 eran nativas y endémicas.

[22] realizaron un estudio en la cuenca del río Ucayali, Perú, donde encontraron 734 especies de peces, resaltando la variedad de tamaños y la predominancia de grupos como Characiformes y Cichliformes. La diversidad de especies en Ucayali fue notablemente mayor que en el estudio del Río Baba, lo que puede atribuirse a la mayor amplitud geográfica y a la variedad de hábitats presentes en la cuenca peruana.

Por otro lado, [23] investigó tres ríos tropicales en Costa Rica, capturando 742 individuos de 24 especies y 12 familias. La diversidad observada se adapta a la disponibilidad de hábitats y condiciones ambientales favorables. A pesar de contar con una diversidad de

especies mayor que la del estudio en el Río Baba, se señalaron similitudes en la estabilidad del ecosistema.

[24] documentaron la captura de 428 individuos de peces en su investigación, con una distribución centrada en especies como *Astyanax festae* y *Brycon dentex*. Los factores ecológicos, como la presencia de hábitats variados y la calidad del agua, influyeron en la diversidad. Sus resultados también fueron superiores a los obtenidos en la subcuenca del Río Baba.

En relación a la abundancia de especies, [25] llevaron a cabo un estudio en el río Kokcha, Afganistán, capturando 311 ejemplares y destacando la importancia de monitorear la diversidad en el contexto de amenazas como la contaminación y la sobrepesca. En contraste, la subcuenca del Río Baba reportó un total de 1,526 ejemplares, indicando una mayor abundancia en este último.

Además, [26] documentaron 707 individuos en sus estudios sobre ecosistemas dulcesacuícolas en El Oro encontraron 707 peces en el estero de Salinas Grandes. Ambos estudios reflejan un mayor número de peces en comparación con otros mencionados, enfatizando la necesidad de comprender las dinámicas poblacionales en diferentes ecosistemas.

Finalmente, en cuanto a la biomasa, [27] observaron una disminución significativa en la biomasa de especies en el río Vices, reflejando la presión de la pesca y la degradación del hábitat. Este estudio contrasta con los bajos porcentajes de biomasa observados en el estudio de la subcuenca del Río Baba, sugiriendo un impacto negativo en la salud de los ecosistemas dulcesacuícolas.

En resumen, el análisis de la diversidad, abundancia y biomasa en la subcuenca del Río Baba revela una realidad compleja que requiere atención y estrategias de conservación adecuadas para asegurar la sostenibilidad de estos recursos acuáticos.

5. Conclusión

En la subcuenca del río Baba, cantón Buena Fe, se identifica un total de ocho especies de peces dulceacuícolas pertenecientes a seis familias, destacando la presencia de especies nativas y endémicas. La familia con mayor abundancia fue Prochilodontidae, representada principalmente por *Ichthyoelephas humeralis*, un pez detritívoro, mientras que *Pseudocurimata boulengeri* de la familia Curimatidae, caracterizada como omnívora, utilizó el segundo lugar en términos de abundancia. En contraste, la familia con menor diversidad fue Cichlidae, donde se encontraron especies como *Andinoacara rivulatus* y *Cichlasoma festae*, ambas clasificadas como omnívoras.

En cuanto a la distribución de la abundancia de especies en diferentes sitios de pesca, el lugar más productivo fue Zulema, con una captura de 236 ejemplares de *Ichthyoelephas humeralis*, seguida por El Tigre con 226 ejemplares de la misma especie. San Javier

presentó la menor cantidad de capturas, con un total de 138 peces, donde se reportaron las menores abundancias de *Andinoacara rivulatus* y *Mesoheros festae*. Respecto a los parámetros biológicos analizados, *O. niloticus* mostró una notable relación entre peso y talla en el ecosistema de La Soledad, mientras que *Ichthyoelephas humeralis* destacó en términos de biomasa, alcanzando un total de 4349.76 kg, lo que representó el 39.88% de la biomasa total, con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Contribución de autores: Todos los autores han contribuido sustancialmente al trabajo.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. Bautista-Hernández, C.E.; Monks, S.; Pulido-Flores, G. Evaluación de Las Infracomunidades de Tres Especies de Peces En Dos Localidades de La Huasteca Hidalguense. *Estud. en Biodivers.* **2015**, *1*, 44–51.
2. de la Cruz, E.R.; Marrero, D.F.H.; Rodríguez, J.U.; Cedeño, R.A. Diversidad de Los Peces Dulceacuícolas En Resbaladero, Holguín, Cuba. *Novit. Caribaea* **2022**, 43–61.
3. Fernández, V.M. Evaluación Del Impacto Sobre Ecosistemas Dulceacuícolas, Mediante El Uso de Peces Como Bio-Indicadores En El Proyecto Hidroeléctrico Torito (Costa Rica).
4. Gómez-Ortiz, Y.; Moreno, C.E. La Diversidad Funcional En Comunidades Animales: Una Revisión Que Hace Énfasis En Los Vertebrados. *Anim. Biodivers. Conserv.* **2017**, *40*, 165–174.
5. Rodrigo Rojas, J.; Rodríguez, O. Diversidad y Abundancia Ictiofaunística Del Río Grande de Térraba, Sur de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* **2008**, *56*, 1429–1447.
6. Aguirre-León, A.; Pérez-Ponce, H.E.; Díaz-Ruiz, S. Heterogeneidad Ambiental y Su Relación Con La Diversidad y Abundancia de La Comunidad de Peces En Un Sistema Costero Del Golfo de México. *Rev. Biol. Trop.* **2014**, *62*, 157–176.
7. Sáez, V.E.L. Estimación de Abundancia de Ensamblajes de Peces de Agua Dulce Mediante Métodos de Pesca y ADN Ambiental 2024.
8. Soria-Barreto, M.; González-Díaz, A.A.; Castillo-Domínguez, A.; Álvarez-Pliego, N.; Rodiles-Hernández, R. Diversidad Íctica En La Cuenca Del Usumacinta, México. *Rev. Mex. Biodivers.* **2018**, *89*, 100–117.
9. RODRÍGUEZ-ROSELLÓN, M.A.; ALONZO-ROJO, F.; CARDOZA-MARTÍNEZ, G.F.; ESTRADARODRÍGUEZ, J.L. DIVERSIDAD DE PECES EN EL RÍO PIAXTLA SAN DIMAS, DURANGO, MÉXICO. *RECTOR LA UJED* 62.
10. Arguedas, J.C.V. Diversidad de Peces de Agua Dulce En La Zona Costera de Los Distritos Bahía Ballena y Puerto Cortés Del Cantón de Osa, Zona Sur de Costa Rica. *Posgrado y Soc. Rev. Electrónica del Sist. Estud. Posgrado* **2019**, *17*, 17–32.
11. Díaz-Ruiz, S.; Aguirre-León, A.; Cano-Quiroga, E. Evaluación Ecológica de Las Comunidades de Peces En Dos Sistemas Lagunares Estuarinos Del Sur de Chiapas, México. *Hidrobiológica* **2006**, *16*, 197–210.

12. Rengifo, W.Z.; Morelli, A.L.; Acero, A.; Carlos, J.; Barandica, N. Diversidad y Abundancia de La Ictiofauna de Un Complejo de Lagunas Costeras En Una Reserva Natural Del Caribe Colombiano. *Mem. la Fund. La Salle Ciencias Nat.* **2009**, *170*, 125–139.
13. Machado–Allison, A.; Chernoff, B.; Provenzano, F.; Willink, P.W.; Jones, T. Inventario, Abundancia Relativa, Diversidad e Importancia de Los Peces de La Cuenca Del Río Caura, Estado Bolívar, Venezuela. *A Biol. Assess. Aquat. Ecosyst. Caura River Basin, Bolívar State, Venez. Una Evaluación Rápida los* **2003**, 160.
14. Bautista–Hernández, C.E.; Monks, S.; Pulido–Flores, G. Los Parásitos y El Estudio de Su Biodiversidad: Un Enfoque Sobre Los Estimadores de La Riqueza de Especies. *Estud. científicos en el estado Hidalgo y Zo. aledañas* **2013**, *2*, 13–17.
15. Rodríguez Rodríguez, A.K. Tics Como Recurso Didáctico y Su Influencia En El Aprendizaje Significativo de Los Estudiantes de Básica Media de La Unidad Educativa “Juan Montalvo” Del Cantón Buena Fe Provincia Los Ríos. 2015.
16. Guerrero, M. La Investigación Cualitativa. *INNOVA* **2016**, *1*, 1–9, doi:10.37423/211004910.
17. Bustos, A.; Caicedo, D.R.; Cantor, F. ANDEVA Para Diseño Completamente Al Azar (DCA). *Rev. Fac. ciencias básicas* **2008**, *4*, 143–148.
18. García–Villalpando, J.A.; Castillo–Morales, A.; Ramírez–Guzmán, M.E.; Rendón–Sánchez, G.; Larqué–Saavedra, M.U. Comparación de Los Procedimientos de Tukey, Duncan, Dunnett, Hsu y Bechhofer Para Selección de Medias. *Agrociencia* **2001**, *35*, 79–86.
19. Di Rienzo, J.; Balzarini, M.; Gonzalez, L.; Casanoves, F.; Tablada, M.; Walter Robledo, C. Infostat: Software Para Análisis Estadístico. **2010**.
20. Ceballos, S.J.; García, M.E.; Slanis, A.C.; Reyes, N.J.F. Aplicación de Análisis de Componentes Principales En La Identificación de Subtipos Polínicos En Miconia (Melastomataceae). **2014**.
21. Que, T.; Pang, X.; Huang, H.; Chen, P.; Wei, Y.; Hua, Y.; Liao, H.; Wu, J.; Li, S.; Wu, A. Comparative Gut Microbiome in Trachypithecus Leucocephalus and Other Primates in Guangxi, China, Based on Metagenome Sequencing. *Front. Cell. Infect. Microbiol.* **2022**, *12*, 872841.
22. Holguino, B.; Yajahaira, E. Diversidad Ictiológica de Ambientes Acuáticos En Pampa Hermosa y Contamana, Cuenca Del Río Ucayali En Época Seca (2018), Loreto, Perú 2022.
23. Rahlwes, K.C.; Dias, B.R.S.; Campos, P.C.; Alvarez–Arguedas, S.; Shiloh, M.U. Pathogenicity and Virulence of Mycobacterium Tuberculosis. *Virulence* **2023**, *14*, 2150449.
24. Gonzalez–Martinez, A.; De–Pablos–Heredero, C.; González, M.; Rodriguez, J.; Barba, C.; García, A. Morphological Variations of Wild Populations of Brycon Dentex (Characidae, Teleostei) in the Guayas Hydrographic Basin (Ecuador). The Impact of Fishing Policies and Environmental Conditions. *Animals* **2021**, *11*, 1901.
25. Majidi, A.H.; Mansoor, M.A. Fish Diversity of the Kokcha River in Badakhshan Province, Afghanistan. *Амурский зоологический журнал* **2023**, *15*, 162–169.
26. Valdiviezo–Rivera, J.; Carrillo–Moreno, C.; Gea–Izquierdo, E. Annotated List of Freshwater Fishes of the Limoncocha Lagoon, Napo River Basin, Northern Amazon Region of Ecuador. *Check List* **2018**, *14*.
27. Mera Vences, J.M. Estudio Del Impacto de Fragmentación y Su Influencia En La Abundancia de La Fauna Del Bosque Protector “Poza Honda” 2024.



© 2024 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

Síndrome de Burnout en los trabajadores administrativos de la oficina matriz de la EMGIRS -EP, Quito, Ecuador.

Cristian Montesdeoca ¹  Kleber Jaramillo ¹ 

¹ Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, EC 060110, Ecuador.

✉ Correspondencia: vladinfernum@gmail.com  + 593 984811371

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj73183>

Resumen: El presente estudio aborda el síndrome de burnout en trabajadores administrativos de la Empresa Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos (EMGIRS-EP) de Quito, Ecuador. Este síndrome, caracterizado por desgaste emocional, despersonalización y baja realización personal, impacta negativamente en la salud psicofísica de los empleados y en la productividad organizacional. Utilizando el cuestionario Maslach Burnout Inventory-General Survey (MBI-GS), adaptado culturalmente, se evaluó a una muestra de 97 trabajadores administrativos. Los resultados indican niveles bajos de agotamiento emocional y despersonalización, pero una prevalencia significativa de baja realización personal (48%), asociada a insatisfacción laboral, ausencia de reconocimiento y limitaciones organizativas. Además, el 87% de los participantes presenta niveles medios de burnout, lo que representa un riesgo potencial para el desarrollo del síndrome en su forma más severa. El estudio destaca la necesidad de implementar estrategias preventivas específicas, como la clarificación de roles, el fortalecimiento del reconocimiento laboral y la promoción de un entorno de trabajo saludable, con el fin de mitigar los factores de riesgo identificados. Asimismo, se subraya la escasez de investigaciones sobre el burnout en este sector, lo que evidencia la necesidad de explorar más ampliamente este problema en contextos laborales similares.

Palabras claves: Burnout, estrés laboral, administrativos, salud ocupacional.



Cita: Montesdeoca, C., & Jaramillo, K. (2024). Síndrome de Burnout en los trabajadores administrativos de la oficina matriz de la EMGIRS -EP, Quito, Ecuador. Green World Journal, 07(03), 183. <https://doi.org/10.53313/gwj73183>

Received: 30/October/2024
Accepted: 20/November/2024
Published: 23/November/2024

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.



Burnout syndrome in administrative workers of the EMGIRS -EP head office, Quito, Ecuador.

Abstract: This study addresses burnout syndrome in administrative workers of the Empresa Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos (EMGIRS-EP) in Quito, Ecuador. This syndrome, characterized by emotional exhaustion, depersonalization and low personal fulfillment, has a negative impact on the psychophysical health of employees and on organizational productivity. Using the culturally adapted Maslach Burnout Inventory-General Survey (MBI-GS), a sample of 97 administrative workers was evaluated and the results indicate low levels of emotional exhaustion and depersonalization, but a significant prevalence of low personal fulfillment (48%), associated with job dissatisfaction, lack of recognition and organizational limitations. In addition, 87% of the participants present medium levels of burnout,

which represents a potential risk for the development of the syndrome in its most severe form. The study highlights the need to implement specific preventive strategies, such as role clarification, strengthening job recognition and promoting a healthy work environment, in order to mitigate the identified risk factors. It also highlights the scarcity of research on burnout in this sector, which shows the need to explore this problem more extensively in similar work contexts.

Keywords: Burnout, work stress, administrative, occupational health.

1. Introducción

Freudenberger (1974) acuñó el término "burnout" para describir el estado de estrés crónico que experimentan los profesionales que trabajan en contacto directo con personas. Este síndrome se caracteriza por una pérdida progresiva de energía derivada de la sobre implicación laboral, que conduce a una disminución del rendimiento y la eficacia en el desempeño de las tareas [1].

El concepto de burnout, presentado por Maslach en 1977 ante la Asociación Americana de Psicólogos, describe el agotamiento profesional experimentado por individuos en contacto directo con usuarios en sectores de servicios humanos, como la salud y la educación. Este síndrome, resultado del estrés laboral crónico, impacta negativamente no solo al individuo, sino también a las organizaciones y la sociedad en general [2]. Se ha demostrado que la desmotivación y la pérdida de entusiasmo laboral son fenómenos que afectan a todos los profesionales, independientemente de su área de especialización [3].

El síndrome de burnout se manifiesta a través de una constelación de síntomas que abarcan las esferas emocional, conductual y psicosomática. En el ámbito emocional, se observa un predominio de emociones negativas como la desilusión, la irritabilidad, la frustración y la ira, junto con el desarrollo de actitudes suspicaces que pueden llegar a la paranoia. A nivel conductual, los individuos afectados exhiben rigidez, terquedad e inflexibilidad [4]. Mientras tanto en la esfera psicosomática, se presenta una mayor incidencia e intensidad de síntomas físicos, tales como cansancio, fatiga, cefaleas, estreñimiento, insomnio, dificultades respiratorias y problemas gastrointestinales, en comparación con individuos no afectados [3].

El Cuestionario Maslach Burnout Inventory (MBI) es un instrumento de evaluación que recopila datos sociodemográficos y evalúan la presencia de burnout. Adicionalmente, incluye una pregunta abierta final cuya finalidad es obtener información cualitativa sobre la personalidad del individuo. Cabe destacar que esta última no forma parte de la puntuación del MBI, sino que se utiliza para complementar el análisis individual [5].

Maslach, en la tercera edición del manual Maslach Burnout Inventory (MBI), introduce el "MBI-General Survey" (MBI-GS), la cual es una herramienta diseñada para evaluar el burnout en profesionales cuya labor no implica interacción directa con personas. Esta nueva versión redefine el constructo de burnout, conceptualizándolo como un problema en la relación con el trabajo en sí mismo, más que con las personas en el entorno laboral. Evalúa la experiencia del burnout a través de múltiples dimensiones; en lugar de simplemente identificar la presencia o ausencia del síndrome, el MBI-GS utiliza subescalas para medir un rango de actitudes hacia el trabajo, que se extienden desde el compromiso y la satisfacción laboral hasta el desgaste emocional, el cinismo y la eficacia personal. Este enfoque dimensional permite una comprensión más completa y matizada del burnout, considerando tanto los aspectos positivos como los negativos de la relación del individuo con su trabajo [6]. La adaptación transcultural del cuestionario MBI-GS se llevó a cabo mediante un proceso riguroso que involucró la traducción y adaptación de sus 22 ítems a 16. Este proceso se realizó a través de la evaluación por expertos independientes y la posterior búsqueda de consenso entre ellos, asegurando la validez y fiabilidad del instrumento en el nuevo contexto cultural [7].

La investigación sobre los factores que influyen en el desarrollo del burnout evidencia la existencia de variables específicas asociadas a cada una de sus dimensiones.

El desgaste emocional, en el contexto laboral, se caracteriza por un déficit progresivo de recursos emocionales en el individuo. Este fenómeno se manifiesta como una incapacidad percibida para la entrega afectiva en el desempeño de sus funciones. Dicha condición surge como consecuencia de la interacción interpersonal continua y sostenida inherente a la actividad profesional, la cual genera una depleción de la energía emocional del trabajador [8]. Se destacan la sobrecarga laboral, los conflictos interpersonales y la falta de autonomía, así como rasgos de personalidad como el perfeccionismo, alta autoexigencia, dificultad para establecer límites y la necesidad de control [9].

El cinismo o despersonalización en el ámbito laboral, se configura como un proceso de desvinculación afectiva que se manifiesta a través del desarrollo de actitudes y emociones negativas, tales como la insensibilidad y el cinismo, dirigidas hacia los individuos que conforman el entorno profesional; este fenómeno se caracteriza por un distanciamiento deliberado del trabajador, no solo respecto a los destinatarios de su labor, sino también hacia sus propios colegas, evidenciándose en conductas cínicas, irónicas e irritables, se observa una tendencia a la externalización de la responsabilidad, donde el individuo atribuye a sus compañeros la causalidad de sus propias frustraciones y dificultades en el desempeño laboral por lo tanto representa un mecanismo de defensa disfuncional ante el estrés ocupacional, que puede conllevar a un deterioro significativo de las relaciones interpersonales y del clima laboral [10]. Esta dimensión se ve influenciada por la frustración laboral, el contacto con el sufrimiento, la falta de sentido en el trabajo y el uso de estrategias de afrontamiento desadaptativas [11].

La eficacia o realización personal en el contexto del burnout se caracteriza por una percepción de incompetencia derivada de la discrepancia entre las demandas laborales y la capacidad del individuo para afrontarlas de manera efectiva; esta situación genera afectos negativos que impactan en el desempeño profesional y en las relaciones interpersonales en el trabajo. El individuo experimenta baja autoestima, insatisfacción laboral y sentimientos de fracaso, acompañados de una pérdida de expectativas y una insatisfacción generalizada; como consecuencia de esta dinámica, se observan conductas de evitación como el absentismo, la impuntualidad e incluso el abandono de la profesión, las cuales se configuran como indicadores de este síndrome [12]. Se asocia a la falta de recursos, la ambigüedad de rol, la falta de reconocimiento en el trabajo y la baja autoestima. Estos hallazgos subrayan la multifactorialidad del burnout y la necesidad de considerar la interacción entre variables individuales, laborales y organizacionales en su desarrollo [13].

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han identificado una correlación significativa entre las sobrecargas de trabajo, las jornadas laborales extendidas y el incremento de la morbilidad y mortalidad. Estudios recientes de ambas organizaciones revelan que las enfermedades relacionadas con factores psicosociales en el entorno laboral causan aproximadamente 750000 muertes anuales. Estos hallazgos evidencian el impacto negativo de las condiciones laborales adversas en la salud de los trabajadores a nivel global [14].

En un entorno laboral cada vez más demandante, como el de la administración pública, el bienestar de los empleados se ha convertido en una preocupación central. El síndrome de burnout con sus dimensiones de desgaste emocional, despersonalización y eficacia personal causado por un estrés laboral crónico, puede tener graves repercusiones en la salud mental y física de los trabajadores, manifestándose en trastornos como ansiedad, depresión y enfermedades cardiovasculares. Además, este síndrome impacta negativamente en la productividad organizacional, generando un aumento del ausentismo, una disminución de la calidad del trabajo y una mayor rotación de personal [2].

En Ecuador, se observa un aumento en la incidencia del síndrome de desgaste profesional (burnout), lo que representa una problemática de salud pública significativa. Este fenómeno afecta negativamente la salud biopsicosocial de la población trabajadora, generando consecuencias a nivel individual, familiar y social [15]. Si bien el síndrome de burnout ha ganado relevancia en la agenda de salud ocupacional a nivel mundial, en Ecuador, la investigación se ha concentrado en sectores específicos como salud, educación, administración pública, finanzas, tecnología y trabajo social. Esta tendencia, aunque provee información valiosa sobre la problemática en dichos contextos, genera un sesgo en la comprensión del burnout al desatender la diversidad de realidades laborales existentes en el país. [16].

La literatura científica sobre el síndrome de burnout, aunque extensa, presenta una brecha notable en lo que respecta a su incidencia y características en trabajadores administrativos de empresas de gestión de residuos sólidos. Esta carencia de investigación limita la comprensión de las dinámicas y factores de riesgo específicos de este sector laboral, el cual presenta particularidades que lo distinguen de otros ámbitos profesionales.

La Empresa Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos (EMGIRS-EP) de Quito, fue creada por el Municipio de Quito en diciembre de 2010. La Ordenanza Metropolitana N° 0323 fue la encargada de su creación con el objetivo de que se encargara de la operación del Relleno Sanitario y las Estaciones de Transferencia [17]. Se rige por normas de calidad ambiental para el tratamiento, transporte, separación, aprovechamiento, transferencia y disposición final de los residuos. Es la única empresa municipal autorizada para recibir escombros de construcción [18]. Los empleados administrativos de la oficina Matriz de EMGIRS-EP se encuentran expuestos a una combinación de factores estresantes que los hacen especialmente vulnerables al síndrome de burnout. Entre estos factores destacan la sobrecarga de trabajo, caracterizada por una elevada cantidad de tareas y plazos ajustados, sumada a una falta de autonomía y control sobre sus responsabilidades. Adicionalmente, la ausencia de un adecuado apoyo social tanto por parte de compañeros como de superiores jerárquicos agrava esta situación, generando sentimientos de aislamiento y desvalorización. Este estudio tiene como objetivo explorar la presencia del burnout en los trabajadores administrativos de la EMGIRS-EP, Quito, Ecuador.

2. Materiales y métodos

2.1 Métodos

2.1.1 Muestra

La muestra del estudio estuvo compuesta por 97 individuos, todos ellos trabajadores administrativos de la Empresa Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos EMGIRS-EP, en Quito. Los participantes pertenecían a distintas coordinaciones y categorías ocupacionales dentro de la organización.

2.1.2 Instrumento y procedimiento

Esta investigación utiliza una versión del Maslach Burnout Inventory-General Survey (MBI-GS) adaptada culturalmente para la población objetivo. El instrumento original, desarrollado por Maslach y Jackson [6], fue traducido y adaptado por Rodríguez y Moreno [7]. Esta adaptación implicó no solo la traducción lingüística, sino también la adecuación cultural del contenido de los 16 ítems del cuestionario, así como la modificación del orden de presentación de algunos de ellos para asegurar la comprensión y relevancia para la muestra estudiada.

La recolección de datos se llevó a cabo utilizando la plataforma digital Google Forms. Se implementó un cuestionario online que incluía los 16 ítems del Maslach Burnout Inventory–General Survey (MBI–GS), con respuestas basadas en la escala de Likert. El periodo de recolección de datos se extendió desde el 17 hasta el 24 de septiembre de 2024.

- (0) Nunca
- (1) Muy raras veces a lo largo del año
- (2) En algunas ocasiones a lo largo del año
- (3) En bastantes ocasiones a lo largo del año
- (4) Frecuentemente a lo largo del año
- (5) Casi cada día
- (6) Cada día

Tabla 1. Ítems y Escala. (D.E. Desgaste emocional C. Cinismo o despersonalización E.P. Eficacia o realización profesional)

ÍTEMS	ESCALA
1. Me siento emocionalmente agotado por mi trabajo.	D.E.
2. Me siento acabado al final de la jornada.	D.E.
3. Me siento fatigado al levantarme por la mañana y tener que enfrentarme a otro día de trabajo.	D.E.
4. Trabajar todo el día realmente es estresante para mí.	D.E.
5. Soy capaz de resolver eficazmente los problemas que surgen en mi trabajo.	E.P.
6. Me siento quemado por mi trabajo.	D.E.
7. Siento que estoy haciendo una contribución eficaz a la actividad de mi organización.	E.P.
8. Desde que comencé el empleo, he ido perdiendo interés en mi trabajo.	C.
9. He ido perdiendo el entusiasmo en mi trabajo.	C.
10. En mi opinión, soy muy bueno haciendo mi trabajo.	E.P.
11. Me siento realizado cuando llevo a cabo algo en mi trabajo.	E.P.
12. He realizado muchas cosas que valen la pena en mi trabajo.	E.P.
13. Sólo quiero hacer mi trabajo y que no me molesten.	C.
14. Me he vuelto más cínico acerca de si mi trabajo vale para algo.	C.
15. Dudo sobre el valor de mi trabajo.	C.
16. En mi trabajo estoy seguro de que soy eficaz haciendo las cosas.	E.P.

El procesamiento de los datos recopilados a través del Maslach Burnout Inventory–General Survey (MBI–GS) se llevó a cabo mediante la suma de las puntuaciones obtenidas en cada ítem observadas en la tabla 2. La escala del MBI–GS proporciona una medida cuantitativa de cada dimensión del burnout; es así como el instrumento de evaluación utilizado para medir el burnout arroja puntuaciones en tres subescalas: desgaste emocional (0–37), cinismo o

despersonalización (0–21) y eficacia o realización personal (0–15). Puntajes elevados en las dos primeras subescalas (desgaste emocional y cinismo) indican un riesgo significativo de desarrollar burnout. En contraste, en la subescala de eficacia personal, puntuaciones bajas son las que se asocian a un alto riesgo de burnout. Este sistema de puntuación permite una interpretación objetiva de los resultados y facilita la identificación de los trabajadores administrativos de la Empresa Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos EMGIRS-EP, en Quito, que pueden estar experimentando burnout.

Tabla 2. Interpretación de los resultados por cada una de las dimensiones.

Tabla de Interpretación			
Dimensión	Bajo	Medio	Alto
Desgaste emocional	0 a 18	19 a 36	≥ 37
Cinismo o Despersonalización	0 a 10	11 a 20	≥ 21
Eficacia o Realización Personal	≥ 32	16 a 31	0 a 15

Las tres escalas demuestran una alta fiabilidad en términos de consistencia interna, lo que sugiere que los ítems que las componen miden de forma coherente el mismo constructo. Esto respalda la conceptualización de la extenuación como una variable continua, manifestándose en un espectro de intensidad que abarca desde niveles leves hasta niveles graves [6].

En la tabla 3 del MBI-GS adaptado presenta un rango de puntuación de 1 a 96, categoriza el burnout en tres niveles: bajo (1–32), medio (33–64) y alto (65–96). La categorización ordinal del burnout en el MBI-GS adaptado facilita la interpretación de las puntuaciones al clasificar la severidad del síndrome.

Tabla 3. Tabla de resultados de Burnout, MBI-GS adaptado

Tabla de Resultados	
Nivel	Puntuación
Bajo	1 – 32
Medio	33 – 64
Alto	65 – 96

3. Resultados

La distribución de la muestra ($n = 97$) en función de diversas variables sociodemográficas se observa en la tabla 4. Existe un predominio del sexo femenino. El 74 % de los participantes pertenece a las edades comprendidas entre 31 a 50 años; esto indica que la muestra está compuesta principalmente por adultos jóvenes y de mediana edad. Al analizar el nivel educativo en los participantes, el 94% presenta estudios de tercer y cuarto nivel. Este hallazgo sugiere que la muestra está compuesta predominantemente por individuos con una formación académica avanzada. Al analizar el estado civil tenemos una distribución bimodal, con una frecuencia similar entre las categorías soltero y casado/unión libre. Esta aproximada paridad sugiere que la muestra incluye una proporción balanceada de individuos con y sin compromiso con una pareja.

Tabla 4. Datos sociodemográficos

Variables Sociodemográficas		Frecuencia	%
Sexo	Mujeres	54	56
	Hombres	43	44
Edad	18 a 30	17	18
	31 a 40	45	46
	41 a 50	27	28
	51 a 60	8	8
Estudios	Primaria	1	1
	Secundaria	5	5
	Superior	51	53
	Maestría	37	38
	Especialización	3	3
Estado Civil	Soltero/a	45	46
	Casado/a	39	40
	Unión Libre	2	2
	Divorciado/a	11	12

La distribución de frecuencias y porcentajes de las dos primeras dimensiones del burnout (desgaste emocional y cinismo o despersonalización) se muestra en la tabla 5. En la primera dimensión, se observa una ausencia total de casos con puntuaciones altas (0%), lo que indica que ningún participante experimenta desgaste emocional de forma significativa. Por el contrario, la mayoría de los individuos (86%) obtuvo puntuaciones bajas en esta dimensión, sugiriendo que, en general, los trabajadores mantienen niveles adecuados de energía y motivación en su entorno laboral.

En cuanto a la segunda dimensión estudiada, los resultados indican una baja prevalencia de actitudes negativas o de distanciamiento hacia los demás. Solo un 2% de los participantes presenta puntuaciones altas en esta dimensión, mientras que la gran mayoría (82%) muestra un bajo nivel de cinismo o despersonalización. Esto sugiere que los trabajadores, en general, mantienen relaciones interpersonales positivas y una actitud empática en su entorno laboral.

Tabla 5. Resultados de las dimensiones desgaste emocional y despersonalización.

Dimensión	Nivel	Frecuencia	%
Desgaste emocional	Alto	0	0
	Medio	14	14
	Bajo	83	86
Cinismo o despersonalización	Alto	2	2
	Medio	16	16
	Bajo	79	82

La tabla 6 presenta los resultados de la tercera dimensión, su análisis difiere en cuanto a los dos anteriores, ya que valores bajos influyen en forma significativa en los niveles del burnout, en cambio valores altos indican completa realización personal; en este contexto podemos verificar que

existe dos tendencias parcialmente equitativas, por un lado se encuentran los colaboradores que presentan un nivel medio de eficacia o realización personal (49%), sin llegar a experimentar sentimientos de alta realización ni de fracaso significativo y por otro lado tenemos a los servidores con baja eficacia o realización personal (48%), lo que puede asociarse a insatisfacción laboral, baja autoestima y dificultades en el desempeño de sus funciones; la problemática descrita se origina en la naturaleza de la organización como entidad pública, lo cual implica restricciones presupuestarias que limitan la disponibilidad de recursos. Esta situación se ve agravada por la falta de definición precisa de roles y responsabilidades, a pesar de la existencia de una clasificación formal de los puestos de trabajo en la estructura organizativa. Asimismo, se evidencia una ausencia de reconocimiento al esfuerzo y dedicación de los trabajadores, lo cual genera desmotivación y percepción de injusticia. Estos factores, en conjunto, contribuyen a la generación de malestar laboral y aumentan el riesgo de desarrollar burnout.

El análisis del segmento poblacional que reporta altos niveles de realización personal (3%) revela que se compone de individuos que ocupan cargos intermedios y poseen formación de tercer nivel. Estos individuos, a pesar de la carga laboral, experimentan satisfacción y sentido de logro en el desempeño de sus funciones.

Tabla 6. Resultados de la dimensión realización personal.

Dimensión	Nivel	Frecuencia	Porcentaje (%)
Eficacia o Realización Personal	Alto	3	3
	Medio	48	49
	Bajo	46	48

El análisis de la tabla 7 evidencia una distribución con predominio de niveles medios del síndrome (87%), lo que sugiere un riesgo significativo de desarrollar burnout en la población estudiada. Esta concentración en la zona media de la escala podría indicar la existencia de factores de riesgo comunes o la falta de estrategias de afrontamiento efectivas en el grupo, requiriendo una evaluación más exhaustiva para determinar la progresión del síndrome e implementar medidas preventivas.

Al analizar el perfil de los individuos con niveles alto del síndrome de burnout (6%), se evidencia una mayor prevalencia en personal con títulos de cuarto nivel, quienes generalmente asumen mayores responsabilidades y cargas laborales. Asimismo, se observa un predominio del sexo femenino (5 de 6 casos). Estos hallazgos sugieren que la combinación de alta cualificación, responsabilidades y carga laboral incrementa la vulnerabilidad al burnout, en especial en mujeres, posiblemente debido a la interacción con factores psicosociales como la doble jornada laboral (familiar y profesional) o las demandas emocionales asociadas a roles de género tradicionales.

Tabla 7. Resultados MBI-GS Adaptada para Burnout

Nivel	Puntuación	Frecuencia	%
Bajo	1 – 32	7	7
Medio	33 – 64	84	87
Alto	65 – 96	6	6

El estudio evidenció un riesgo considerable de desgaste profesional (burnout) en una población de trabajadores con alto nivel de cualificación. No obstante, a pesar de presentar bajos niveles de

agotamiento emocional y despersonalización, la baja realización personal observada en una proporción significativa de la muestra, junto con la mayor prevalencia de burnout en individuos con elevado nivel educativo, sugieren la necesidad de implementar estrategias de intervención preventiva que consideren las características específicas de los trabajadores administrativos de la empresa metropolitana de gestión integral de residuos sólidos EMGIRS-EP en Quito.

4. Discusión

A pesar de realizar una exhaustiva búsqueda en bases de datos científicas como PubMed, e-Life, ScienceDirect, Scielo, Elsevier, Cochrane y Medscape, no se encontraron estudios que aborden específicamente el síndrome de burnout en trabajadores administrativos de empresas de gestión integral de residuos sólidos.

Si bien el estudio *"Effort–Reward Imbalance among a Sample of Formal US Solid Waste Workers"* [19] analiza el desequilibrio esfuerzo-recompensa en trabajadores del sector de residuos sólidos en Estados Unidos, se centra en la población operativa y no profundiza en el síndrome de burnout.

Esta investigación se distingue por su enfoque en los trabajadores administrativos de una empresa de gestión integral de residuos sólidos en Ecuador, un colectivo laboral que, a pesar de su potencial exposición a estresores laborales, ha sido escasamente estudiado en este sector. La particularidad de este grupo radica en la combinación de jornadas laborales de 8 horas en oficinas con la realización rotativa de trabajos operativos. Esta dualidad funcional podría incrementar la presencia de estresores y, consecuentemente, el riesgo de desarrollar burnout. El estudio busca contribuir a la comprensión de las dinámicas laborales y los factores de riesgo psicosocial en un colectivo ocupacional poco explorado en el contexto ecuatoriano.

El estudio revela una alta prevalencia (87%) de niveles medios de burnout en la población trabajadora, lo que representa un riesgo latente para su salud psicosocial. Niveles medios de burnout predice el desarrollo del síndrome, especialmente sin intervención. Los estresores laborales persistentes y la ausencia de estrategias de afrontamiento agravan el estrés, deteriorando el bienestar psicofísico, aumentando la vulnerabilidad a enfermedades y afectando el desempeño laboral y el clima organizacional.

5. Conclusión

La investigación concluye que la prevalencia del síndrome de burnout en los trabajadores administrativos de la EMGIRS-EP tiene un nivel medio, lo que indica la existencia de un nivel considerable de malestar psicosocial en esta población. Si bien el síndrome no se manifiesta plenamente en la mayoría de los casos, la elevada presencia de niveles medios de burnout constituye un factor de riesgo que requiere atención, ya que puede derivar en un incremento de casos de burnout clínico con sus consiguientes consecuencias negativas para la salud de los trabajadores, el desempeño laboral y la productividad de la organización. Estos hallazgos sugieren la necesidad de implementar medidas preventivas y de intervención dirigidas a mitigar los factores de riesgo psicosocial en el entorno laboral y a fortalecer la salud psicosocial de los trabajadores. Si bien esto indica que el burnout no constituye un problema generalizado en la actualidad, se identificó un grupo vulnerable que podría desarrollar el síndrome en ausencia de intervenciones preventivas.

La alta rotación de personal en la institución puede estar sesgando los resultados del estudio, subestimando la magnitud real del síndrome de burnout. La salida de trabajadores afectados implica una pérdida de información crucial para el análisis de este fenómeno, dificultando la comprensión de su evolución y el diseño de estrategias preventivas. Esta situación puede generar un círculo vicioso, donde el burnout contribuye a la rotación de personal y la rotación, a su vez, impide un adecuado seguimiento del problema. Es fundamental considerar este sesgo en la interpretación de

los resultados y desarrollar estrategias de retención del personal que permitan un mejor monitoreo y control del burnout en la institución. Además, se deben implementar sistemas de seguimiento de la salud de los trabajadores que permitan detectar precozmente los casos de burnout, incluso después de que hayan abandonado la institución.

La insatisfacción laboral, baja autoestima y dificultades en el desempeño se origina en la convergencia de factores organizacionales como restricciones presupuestarias, falta de definición de roles, y ausencia de reconocimiento al mérito, que, en conjunto, generan malestar laboral e incrementan el riesgo de burnout. Estos hallazgos demandan la implementación urgente de estrategias integrales que aborden los factores de riesgo identificados, promoviendo un ambiente laboral saludable que favorezca el bienestar psicosocial, la motivación y el desempeño de los trabajadores. Se sugiere priorizar acciones enfocadas en el reconocimiento del desempeño, la clarificación de roles y responsabilidades, y el fortalecimiento de los recursos personales para afrontar las demandas laborales.

6. Referencias

1. Montesdeoca Hernández, D., Rodríguez Pulido, F., Pou Polanco, L., & Montesdeoca Hernández, M. J. (1997). El medio laboral y la salud mental (II), estrés, Burnout y drogodependencias: Una propuesta preventiva. *Psiquis: Revista de psiquiatría, psicología médica y psicosomática*, 18(3), 24-34. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2552707>
2. Pérez, A. M. (2010). El síndrome de Burnout. Evolución conceptual y estado actual de la cuestión. *Vivat Academia*, 42-80. <https://doi.org/10.15178/va.2010.112.42-80>
3. Castillo Ramírez, S. (2001). El Síndrome de «Burn Out» o Síndrome de Agotamiento Profesional. *Medicina Legal de Costa Rica*, 17(2), 11-14. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1409-00152001000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=es
4. Faúndez, V. O. (2017). Laudatio: Dra. Christina Maslach, Comprendiendo el Burnout. *Ciencia & Trabajo*, 19(58), Article 58. <https://doi.org/10.4067/s0718-24492017000100059>
5. De la Cruz Peralta, K. E., & Núñez, S. (dir). (2020). Estudio del Síndrome de Burnout en el personal administrativo del sector público del Distrito 09D24 Durán salud en el año 2019. <http://uprepositorio.upacifico.edu.ec/handle/123456789/527>
6. Maslach, C., Jackson, S., & Leiter, M. (1997). The Maslach Burnout Inventory Manual. En *Evaluating Stress: A Book of Resources* (Vol. 3, pp. 191-218).
7. Rodríguez Carvajal, R., Escobar Redonda, E., & Moreno Jiménez, B. (2001). La evaluación del Burnout Profesional: Factorialización del MBI-GS, Un análisis preliminar. *Ansiedad y estrés*, 7(1), 69-77. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=186760>.
8. Agurto Matamoros, S. P., & Ninabanda Cango, B. E. (2023). Análisis del síndrome de burnout y su relación con el personal operativo y administrativo en una empresa pública de la ciudad de Quito dedicada a la ingeniería civil [masterThesis, Quito: Universidad de las Américas, 2023]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/15031>.
9. Tipán Rojas, K. P. (2018). El síndrome de Burnout y su relación con la satisfacción laboral del personal administrativo de la empresa CORENA S.A de la ciudad de Quito. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/www.dspace.uce.edu.ec>.

10. Marsollier, R. G. (2013). La despersonalización y su incidencia en los procesos de desgaste laboral. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/7382>.
11. Torner, C. S. (2023). Teletrabajo y cinismo. La función moderadora de la creatividad. Cuadernos de Administración, 36. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cao36.tdfmc>
12. Guerrero, Á. R., Zambrano, R. O., & Torres, M. M. (2019). *Factores de riesgo asociados al síndrome de desgaste profesional (Burnout)*.
13. Rodríguez, L. G. R., & Ramírez, M. A. M. (2024). Factores psicosociales y síndrome de Burnout en trabajadores administrativos de México: Psychosocial factors and Burnout Syndrome in administrative workers in México. LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, 5(5), Article 5. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i5.2679>.
14. Procel, J. C., Álvarez, D. F., Segovia, K. E., & Barzola, D. P. (2024). Estrés laboral y Burnout en personal administrativo de una Universidad en El Oro. Revista Científica Ciencia y Tecnología, 24(43), Article 43. <https://doi.org/10.47189/rcct.v24i43.720>.
15. Cabezas, R., Pluas, C., Cabezas, J., & Cevallos, D. (2022). Validez factorial del Maslach Burnout Inventory versión española en una población multiocupacional ecuatoriana. Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies, 3, 776–785. <https://doi.org/10.51798/sijis.v3i1.261>.
16. Relleno Sanitario del DMQ. (s.f.). Recuperado 31 de octubre de 2024, de <https://www.emgirs.gob.ec/index.php/zentools/zentools-slideshow>.
17. La Empresa. (s.f.). Recuperado 31 de octubre de 2024, de <https://www.emgirs.gob.ec/index.php/nosotros/la-empresa>.
18. Le, A. B., Shkempi, A., Sturgis, A. C., Tadee, A., Gibbs, S. G., & Neitzel, R. L. (2022). Effort–Reward Imbalance among a Sample of Formal US Solid Waste Workers. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(11), 6791. <https://doi.org/10.3390/ijerph19116791>.



© 2024 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 comparativo de la energía incorporada total específica. Caso de estudio: Edificación residencial unifamiliar y multifamiliar Cuenca-Ecuador.

Paúl Mateo López Mogrovejo ¹  Jefferson Torres-Quezada ² 

¹ Universidad de Cuenca, Centro de Posgrados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Maestría en Construcciones, Cuenca, EC 010203, Ecuador.

² Universidad Católica de Cuenca, CONSISO Lab, Cuenca, EC 010102, Ecuador.



Correspondencia: paul.lopezm@ucuenca.edu.ec



+ 593 98 465 5824

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj73184>

Resumen: En el mundo y en el Ecuador la vivienda sigue siendo una de las necesidades fundamentales para el desarrollo humano y el gozo de una vida digna en conformidad con la constitución ecuatoriana; además es un derecho humano según los estándares internacionales de las Naciones Unidas [15]. Es imprescindible la construcción de soluciones habitacionales que cumplan con normas de calidad, parámetros técnicos y puedan solventar esta necesidad de vivienda, pero simultáneamente se presenta el debate teórico sobre la ciudad de baja densidad versus la ciudad de alta densidad. En esta discusión la mayoría de los autores están a favor de una ciudad compacta y densificada [5,17]; sin embargo, en estos estudios no se considera el impacto ambiental y energético que se produce con la construcción, la cual es una de las actividades que genera mayor contaminación a nivel mundial. Recientemente los países latinoamericanos han introducido avances tecnológicos en sistemas y materiales constructivos debido a la reducción de los costos de obra; sin embargo, estos nuevos procesos conllevan altos índices de energía incorporada. La presente investigación analiza la construcción densificada desde el punto de vista del impacto ambiental y energético, considerando los materiales y sistemas constructivos empleados durante la última década. El análisis se realiza mediante la comparativa entre dos casos de estudio: una edificación de vivienda unifamiliar y una edificación de vivienda multifamiliar, ambos casos ubicados en la ciudad de Cuenca-Ecuador. Se cuantifica la Energía Específica Total Incorporada (STEE) y se aborda el Peso Específico Total (STW) de los dos casos de estudio, los elementos y materiales constructivos se han clasificado en: Estructura, Envoltorio y Acabados, basados en la metodología del estudio de Torres [34]. Los resultados de esta investigación sirven como un punto de vista adicional de algunos de los aspectos ambientales y energéticos implícitos en la construcción de una ciudad compacta y de alta densidad.

Palabras claves: Baja densidad; Alta densidad; Energía Incorporada; Energía Específica total Incorporada (STEE); Construcción.



Check for updates

Cita: López Mogrovejo, P. M., & Torres-Quezada, J. (2024). Análisis comparativo de la energía incorporada total específica. Caso de estudio: Edificación residencial unifamiliar y multifamiliar Cuenca-Ecuador. Green World Journal, 07(3), 184. <https://doi.org/10.53313/gwj73184>

Received: 30/October/2024

Accepted: 20/November/2024

Published: 23/November/2024

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.



© 2024 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>

Comparative analysis of total specific embodied energy. Case study: Single-family and multi-family residential buildings in Cuenca, Ecuador.

Abstract: In the world and in Ecuador, housing continues to be one of the fundamental needs for human development and the enjoyment of a dignified life in accordance with the Ecuadorian constitution; It is also a human right according to the international standards of the United Nations [15]. It is essential to build housing solutions that meet quality standards and technical parameters and can solve this housing need, but simultaneously the theoretical debate on the low-density city versus the high-density city is presented. In this discussion, most authors are in favor of a compact and densified city [5,17]; However, these studies do not consider the environmental and energy impact that occurs with construction, which is one of the activities that generates the greatest pollution worldwide. Recently, Latin American countries have introduced technological advances in construction systems and materials due to the reduction of construction costs; However, these new processes involve high levels of embodied energy. This research analyzes densified construction from the point of view of environmental and energy impact, considering the materials and construction systems used during the last decade. The analysis is carried out by comparing two case studies: a single-family housing building and a multi-family housing building, both cases located in the city of Cuenca-Ecuador. The Total Embodied Specific Energy (STEE) is quantified and the Total Specific Weight (STW) of the two case studies is addressed, the construction elements and materials have been classified into: Structure, Envelope and Finishes, based on the methodology of the Torres study [34]. The results of this research serve as an additional point of view of some of the environmental and energy aspects implicit in the construction of a compact and high-density city.

Keywords: Low density; High density; Specific total embodied energy (STEE); Total Specific Weight; Construcción.

1. Introducción

Desde 1945, la humanidad ha experimentado un aumento en el consumo de materiales, directamente relacionado con la expansión urbana y el crecimiento poblacional [30]. Según la ONU, se proyecta que la población mundial pasará de 8.2 mil millones en 2024 a 10.3 mil millones en los próximos cincuenta años [23], aumentando significativamente la demanda de vivienda y la explotación de recursos naturales para la construcción de edificaciones [31]. A nivel global, la vivienda es un derecho fundamental, considerado esencial para la calidad de vida y el desarrollo urbano sostenible [23]. Sin embargo, el sector de la construcción es responsable del 50% de la explotación de recursos naturales y residuos generados, y del 48% del consumo energético global [6–11].

La eficiencia energética en la construcción es crucial para la sostenibilidad. A medida que las edificaciones alcanzan estándares de energía cero en su operación, la energía incorporada (EE) en su construcción gana relevancia [8]. En este contexto, se distinguen dos componentes energéticos principales: la energía incorporada (EE), que abarca el gasto energético desde la producción de materiales hasta su eliminación final, y la energía operativa (EO), relacionada con la climatización, iluminación y funcionamiento de electrodomésticos [12, 25]. La reducción de EO ha sido el foco de la mayoría de estrategias de sostenibilidad, aunque en ocasiones estos esfuerzos incrementan la EE [4, 20, 25, 34].

Diversos estudios destacan la importancia de reducir el consumo energético desde la fase de diseño y construcción [12, 25, 29]. En Latinoamérica, y particularmente en Ecuador, se han propuesto estrategias que promueven el uso de materiales locales, lo cual reduce el impacto ambiental y el consumo energético [16, 22, 24]. Sin embargo, la creciente demanda residencial [35] ha impulsado el uso de sistemas constructivos industrializados [18, 19]. Que, aunque agilizan la construcción, aumentan la EE [20, 25].

En Ecuador, el sector de la construcción ha experimentado un crecimiento anual del 7%, salvo en la crisis del COVID-19 [19]. En 2023, las viviendas residenciales alcanzaron un total de 30,896 edificaciones, mayormente construidas con sistemas industrializados [18,19]. Como consecuencia, la EE ha aumentado en los últimos 40 años, multiplicándose hasta 2.15 veces [33]. Esta tendencia también se ha observado en Cuenca, donde el crecimiento urbano ha favorecido la expansión hacia las periferias mediante viviendas unifamiliares [13]. Este fenómeno ha promovido la baja densidad habitacional y un consumo elevado de suelo urbano.

En respuesta a los desafíos de crecimiento urbano, surge el debate entre ciudades densificadas y no densificadas. Según teorías urbanísticas como el Smart Growth y el Nuevo Urbanismo, las ciudades densificadas podrían reducir el consumo de suelo y recursos naturales, promoviendo la construcción de viviendas multifamiliares [5,17]. Sin embargo, en Cuenca, la mayoría de las edificaciones son unifamiliares de baja altura (67.2% en 2023) [19,32].

El crecimiento vertical de las ciudades propone un uso más eficiente del espacio urbano mediante edificaciones de alta densidad, aunque frecuentemente no se consideran los índices de energía incorporada (EE) en su construcción [2]. La mayoría de los estudios se han centrado en la (EO) debido a la complejidad de medir la (EE), lo que ha subestimado su impacto ambiental [10,25]. La ausencia de estudios detallados sobre la (EE), que abarque desde la extracción de materiales hasta la edificación, limita la adopción de estrategias urbanas sostenibles que reduzcan la huella de carbono de nuevas construcciones y compromete la sostenibilidad a largo plazo [2].

Investigaciones anteriores han señalado que la (EE) en casos específicos puede representar hasta el 60% del consumo energético total de un edificio durante su ciclo de vida [27,29]. Es por esto que los estudios recientes abogan por un análisis equitativo tanto de la (EO) y la (EE) en el diseño urbano y construcción en general [11,25]. En Suecia, Shadram y Mukkavaara compararon seis tipos de edificaciones residenciales de alta densidad, concluyendo que, para alcanzar la eficiencia energética óptima, deben considerarse estrategias multiobjetivo en las primeras fases del diseño [28].

Algunos estudios han cuantificado la EE de viviendas multifamiliares en altura y construidas en madera TFP, hallando que para este sistema constructivo, en edificaciones de cuatro pisos, la EE puede disminuir hasta en un 36.76% comparado con edificaciones de un piso, sugiriendo que las construcciones más altas son más eficientes energéticamente [20]. Otros estudios en Irán compararon sistemas constructivos tradicionales y modernos, evidenciando que técnicas vernáculas como el uso de tierra reducen la EE en un 43% y la EO en un 88%, resaltando los beneficios de estos enfoques en contextos de vida útil corta [24].

En Ecuador, la mayoría de los estudios de (EE) se centran en viviendas unifamiliares de baja densidad. Los resultados sugieren que el uso de sistemas industrializados ha incrementado los índices de EE en la estructura, envolvente y acabados de estas edificaciones en las últimas décadas. Si bien algunos estudios en Cuenca han medido la EE en edificaciones residenciales unifamiliares, no existen investigaciones comparativas entre viviendas unifamiliares (baja densidad) y multifamiliares (alta densidad) [34]. Esto es fundamental para determinar si el modelo de crecimiento urbano debería enfocarse en una u otra tipología habitacional, considerando no solo el aprovechamiento del suelo, sino también las implicaciones energéticas y ambientales de cada tipo de construcción.

Este estudio pretende definir y comparar los índices de EE entre viviendas unifamiliares y multifamiliares en Cuenca, Ecuador. Asimismo, aborda los aspectos ambientales y energéticos asociados a la construcción de ciudades de alta y baja densidad, buscando brindar datos que apoyen decisiones de planificación urbana sostenible en la región. Para lograrlo, se establecieron los siguientes objetivos:

1. Definir dos casos de estudio con características comparables, pero de diferente tipología.
2. Aplicar la metodología de Torres, para determinar los índices STEE de cada tipología [34].

Este estudio se enfoca en la región andina del Ecuador, específicamente en Cuenca, donde se analizarán dos tipologías arquitectónicas que emplean materiales y sistemas constructivos similares. La metodología sigue el enfoque de Torres Quezada et al. [34], aunque los resultados no pueden generalizarse. Esta investigación representa un primer paso hacia el análisis comparativo de la EE entre construcciones de alta y baja densidad en el contexto urbano de Cuenca, contribuyendo al conocimiento necesario para orientar un desarrollo urbano ambientalmente sostenible.

2. Materiales y métodos

2.1. Descripción de la metodología

El proceso para definir y comparar el impacto energético incorporado (EE) en tipologías de vivienda unifamiliar y multifamiliar en Cuenca, Ecuador, comienza con la selección de la muestra basada en los siguientes criterios:

1. Periodo de construcción: de 2010 a 2024.
2. Ubicación: área urbana de Cuenca, debido a la escasez de proyectos multifamiliares en zonas rurales y la accesibilidad de datos.
3. Usuario final: dirigido a la clase media, para excluir materiales ornamentales innecesarios.
4. Sistema constructivo: estructura metálica y mampostería de ladrillo, ampliamente utilizados en Cuenca y Latinoamérica.

Estos criterios, similares para ambas tipologías, buscan evitar sesgos en esta investigación comparativa. La selección de estudios de caso incluyó una vivienda unifamiliar de dos plantas y una multifamiliar de diez plantas, ambas cumpliendo con los requisitos, con datos obtenidos de fuentes confiables, incluidas bases de datos municipales y la investigación de Torres [34].

El paso siguiente fue la cuantificación del material de construcción en cada edificación. Para la unifamiliar se utilizaron datos existentes, mientras que en la multifamiliar se generó un modelo BIM basado en planos constructivos. Los datos fueron clasificados en tres componentes principales: estructura, envolvente y acabados, excluyendo instalaciones técnicas (agua, electricidad, plomería, etc.).

Con los volúmenes de obra, se calculó la energía incorporada (EE) en cada caso de estudio siguiendo la metodología de Torres, basada en la metodología de Dascalaki et al. [8]. El objetivo fue obtener la Energía Incorporada Total Específica (STEE: MJ/m²), que permite evaluar y comparar ambos casos. La ecuación empleada es:

$$STEE = \Sigma(W * EE) / S$$

donde:

- STEE: Energía Incorporada Total Específica (MJ/m²),
- W: peso total de cada material (kg),
- EE: Energía Incorporada Específica (MJ/kg),
- S: superficie total construida (m²).

La aplicación de esta fórmula implica multiplicar la cantidad de cada material por su peso específico (W) y luego por su (EE), (véase *Tabla 1*), para así obtener el total de energía incorporada (TEE), que dividido entre el área construida da el valor de (STEE: MJ/m²). También se calculó el Peso Total Específico por m² (STW: kg/m²).

Tabla 1. Peso específico y EE específica de cada material utilizado en este estudio.

MATERIALES	VALOR EE (MJ/kg)	PAÍS FUENTE	PESO ESPECIFICO (kg/m ³)
Hormigón 1:2:4*	0,82	Inglaterra	2400
Mortero de Cemento 1:4	1,11	Inglaterra	2001
Piedra Estructural	0,5	Inglaterra	2700
Ladrillo Macizo artesanal	1,33	Ecuador	1800
Ladrillo hueco artesanal	1,33	Ecuador	1800
Cerámica vitrificada	8	España	4500
Porcelanato	25,5	España	5000
Aluminio (33% reciclado)	155	Inglaterra	2700
Acero (40% reciclado)	24,84	Ecuador	7850
Tol galvanizado (primaria)	40	Inglaterra	7850
Vidrio Simple (virgen)	17,98	Inglaterra	2500
Yeso artesanal con fibra vegetal (Estuco)	2,5	España	1500
Yeso	2,5	España	1750
Tablero de yeso	7	España	833
Estructura galvanizada para tableros de Yeso	7	España	7850
Pintura plástica (Látex)	20	España	1400
Piso de madera Laminada	36,4	Alemania	650
Lámina de polietileno	110	Inglaterra	10
Tablero de partículas de madera (MDP, MDF, ETC)	23	Inglaterra	670

* Elaboración propia, pero los valores de EE y pesos específicos han sido utilizados de la investigación de Torres Quezada [34], estos datos provienen de varias fuentes y bajo diversos parámetros de consideración, por lo que no deben ser generalizados.

Los resultados se analizaron en dos partes: primero, evaluando los componentes estructura, envolvente y acabados por separado; luego, con la EE total de ambas tipologías. Se utilizó el método comparativo [9], para validar la hipótesis y cumplir el objetivo de la investigación.

2.2. Casos de estudio

Los sistemas constructivos tanto de la vivienda unifamiliar C1, como la vivienda multifamiliar C2 se describen en la siguiente tabla (véase Tabla 2).

Tabla 2. Cuadro comparativo de materiales y sistema constructivo empleado en cada Caso de Estudio.

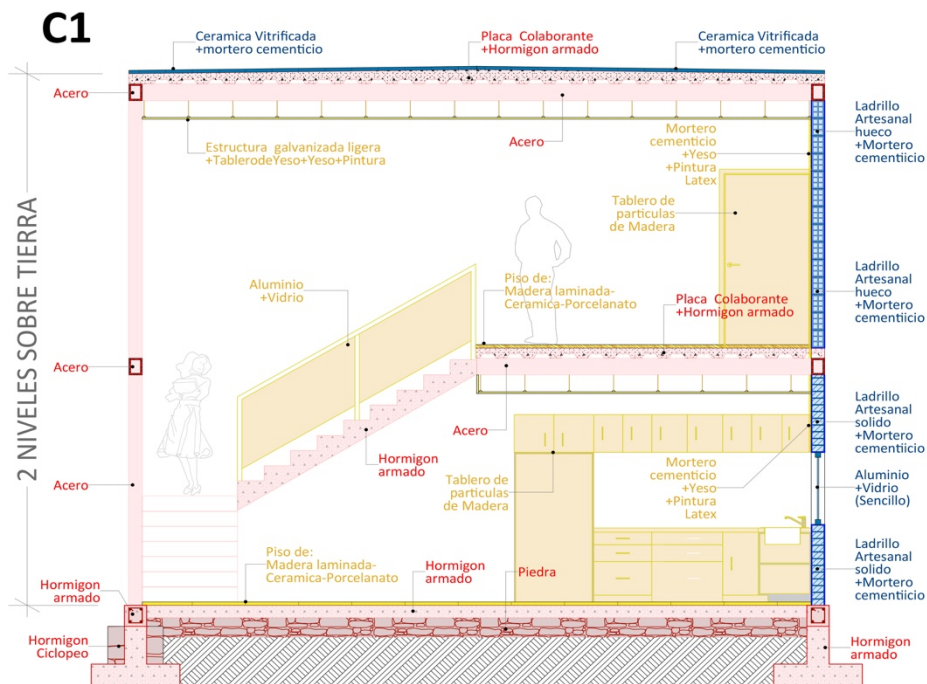
ELEMENTO		C1 UNIFAMILIAR	C2 MULTIFAMILIAR
ESTRUCTURA	CIMENTOS	Hormigón armado, Hormigón Ciclópeo,y Piedra.	Hormigón armado, Hormigón Ciclópeo,y Piedra.
	COLUMNAS	Perfiles de Acero estructural.	Perfiles de Acero estructural.
	VIGAS	Perfiles de Acero estructural.	Perfiles de Acero estructural.
	CONTRAPISO	Hormigón Armado + Malla electro soldada	Hormigón Armado + Malla electro soldada
	LOSAS	Placa colaborante + Hormigón armado	Placa colaborante + Hormigón armado
	CUBIERTA	Placa colaborante + Hormigón armado	Placa colaborante + Hormigón armado
	ESCALERAS	Hormigón Armado	Perfiles de Acero estructural + hormigón Armado
ENVOLVENTE	MUROS	Perímetro con ladrillo artesanal macizo, divisiones con ladrillo artesanal hueco.	Todo ladrillo artesanal alivianado.
	CUBIERTA	Cerámica vitrificada.	Cerámica vitrificada.
	VENTANAS	Aluminio y Vidrio sencillo sin aislación térmica o acústica.	Aluminio y Vidrio sencillo sin aislación térmica o acústica.
ACABADOS	PISOS	Madera laminada, cerámica , porcelanato.	Madera laminada y cerámica.
	PUERTAS	Tablero a base de aglomerado de partículas de madera.	Tablero a base de aglomerado de partículas de madera.
	MUROS	Enlucido a base de mortero cementicio+ yeso + pintura plastica latex o porcelanato.	Enlucido a base de mortero cementicio+ yeso + pintura plastica latex.
	PASAMANOS	Aluminio y Vidrio sencillo.	Perfiles de Acero soldados y pintados.
	CIELO RASO	Estructura metálica galvanizada ligera+placa de yeso+empaste+pintura latex.	Estructura metálica galvanizada ligera+placa de yeso+ empaste+pintura latex.
	MOBILIARIO	Tablero a base de aglomerado de partículas de madera	Tablero a base de aglomerado de partículas de madera.

2.2.1. Caso (C1) edificación de vivienda unifamiliar

La construcción tiene dos niveles y un área total de 209 m² (véase Figura 1). Fue seleccionada por contar con información completa y precisa, y está ubicada en la zona de expansión urbana según el GAD Municipal de Cuenca [14]. La vivienda tiene todos los servicios básicos, como agua, electricidad, alcantarillado e internet.



Figura 1. Fotografía caso de estudio



El sistema constructivo se explica a continuación, además (véase *Tabla 2* y *Figura 2*):

- Estructura: Cimientos de hormigón ciclópeo y armado; estructura principal de columnas y vigas de acero. Las losas son de hormigón armado en planta baja y de placa colaborante de acero con hormigón en planta alta y cubierta.
- Envolvente: Mampostería de ladrillo artesanal en paredes externas e internas, con ventanas de vidrio y aluminio sencillo. La cubierta está revestida con cerámica vitrificada.
- Acabados: Pisos de madera laminada, cerámica y porcelanato; puertas y mobiliario en tableros de partículas de madera; paredes con mortero cementicio, yeso y pintura, y porcelanato en baños. Los pasamanos son de aluminio y vidrio, y los tumbados de estructura galvanizada y tablero de yeso.



Figura 2. Esquema del sistema constructivo de C1.

2.2.2. Caso (C2) edificación de vivienda multifamiliar en altura

La construcción tiene 4,667 m², con diez plantas (dos subterráneas y ocho sobre el nivel del suelo) y se clasifica como vivienda multifamiliar (véase *Figura 3*). Se encuentra en la zona urbana de

Cuenca, sobre la Av. Paseo de los Cañaris [14]. El proyecto incluye dos torres, siendo la torre B la analizada debido a uso exclusivamente residencial. Cuenta con todos los servicios básicos.

Su sistema constructivo se describe a continuación, (véase *Tabla 2* y *Figura 4*):

- Estructura: Cimientos de hormigón ciclópeo y armado en los subsuelos; estructura a porticada de columnas y vigas de acero. Las losas son de hormigón armado en el sótano -2 y de placa colaborante de acero con hormigón desde el sótano -1 hasta la cubierta. Las escaleras son de hormigón armado y perfiles de acero.
- Envoltente: Mampostería de ladrillo hueco artesanal en paredes exteriores e interiores, con ventanas de vidrio y aluminio sencillo. La cubierta está revestida en cerámica vitrificada.
- Acabados: Pisos de madera laminada y cerámica; puertas y mobiliario en tableros de partículas de madera; paredes con mortero cementicio, yeso y pintura, y cerámica en baños. Los pasamanos son de acero pintado, y los tumbados de estructura galvanizada y tablero de yeso.

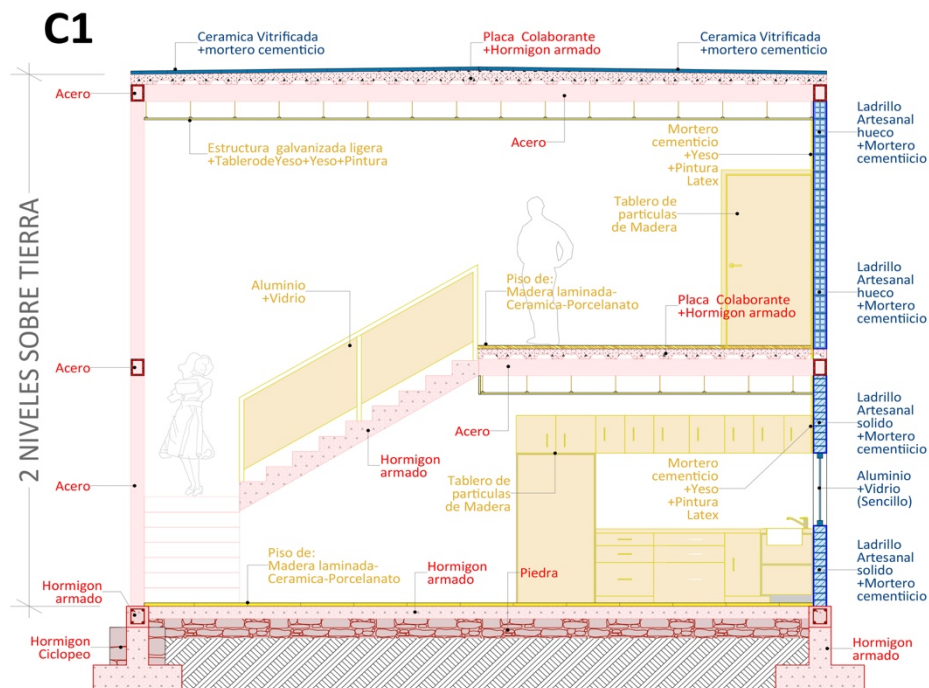


Figura 3. Esquema de sistema constructivo en caso de estudio C1.

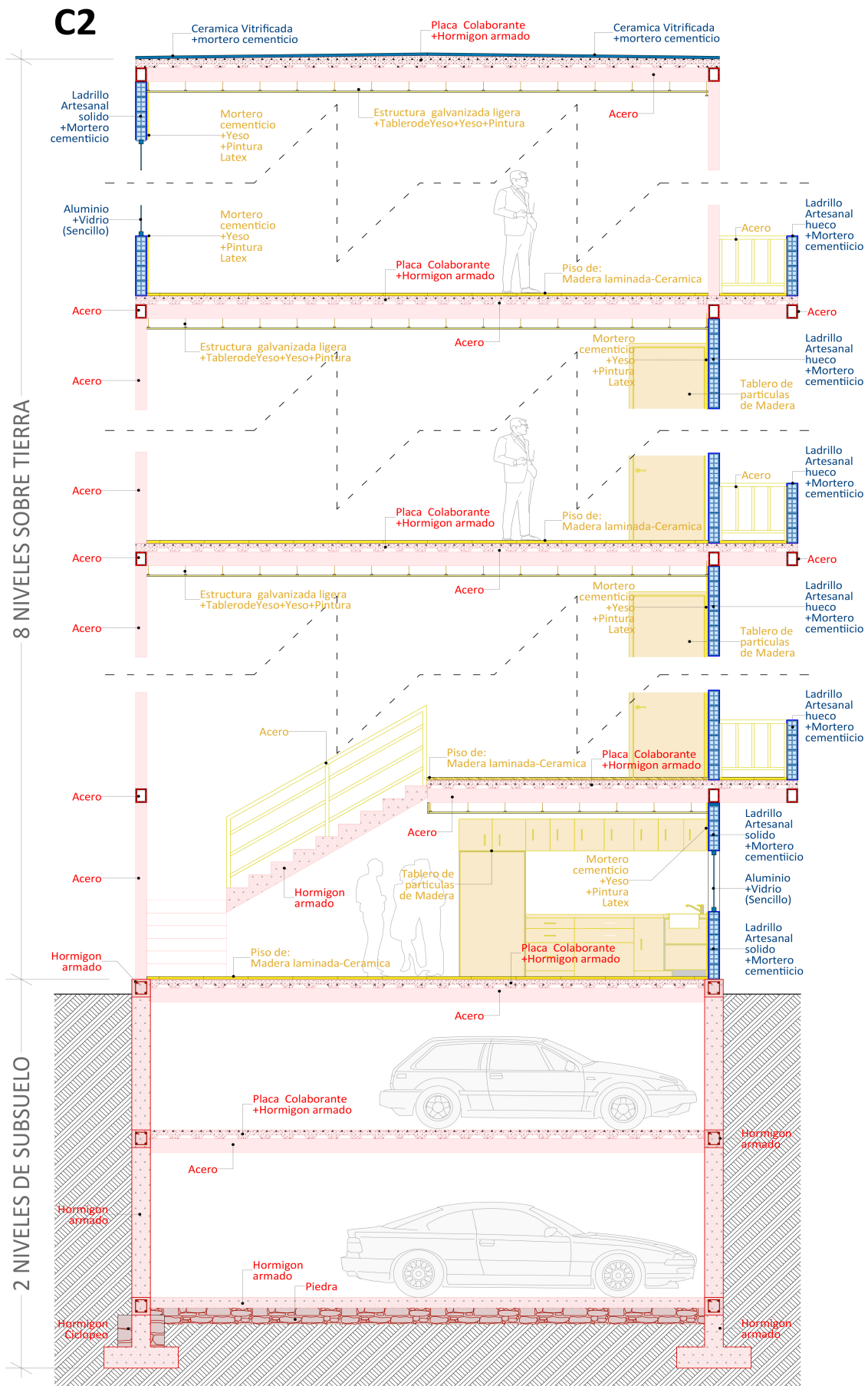


Figura 4. Esquema de sistema constructivo en caso de estudio C2.

3. Resultados

3.1. Análisis por componente

3.1.1. Estructura

Los resultados generales de los casos de estudio en la componente Estructura se centran en el STEE (MJ/m²) y el STW (kg/m²) (Véase Figura 5). Se analiza en detalle los parámetros y elementos de cada tipología (Véase Figuras 6 y 7) y se examinan los materiales utilizados (Véase Tabla 3). Los resultados muestran diferencias significativas: el caso C1 tiene un STEE de 1860 MJ/m² y un STW de 691 kg/m², mientras que C2 tiene un STEE de 3006 MJ/m² y un STW de 748 kg/m². Esto implica que la edificación multifamiliar C2 supera a C1 en 1146 MJ/m² y 57 kg/m², lo que representa un 38,12% y 7,62% más en STEE y STW, respectivamente.

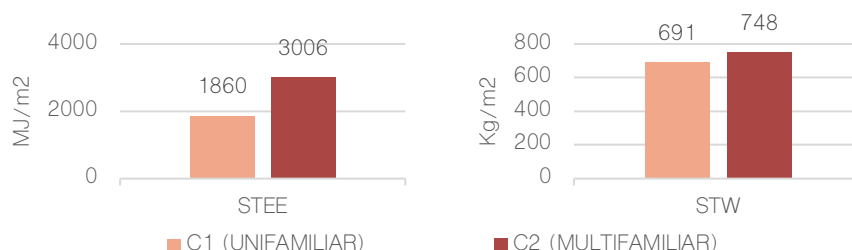


Figura 5. Comparación de STEE y STW en el componente de Estructura.

Aunque ambas tipologías usan el mismo sistema constructivo, C2 presenta valores más altos en ciertos elementos estructurales (Véase Figuras 6 y 7). En C1, las vigas tienen el máximo STEE de 568 MJ/m² y las escaleras el mínimo de 21 MJ/m²; en C2, las vigas alcanzan 1159 MJ/m² y el contrapiso tiene un mínimo de 47 MJ/m². Los valores de STEE son más altos en C2 debido a su complejidad estructural, que incluye dos niveles de subsuelo, aumentando el uso de concreto armado. Las columnas y vigas en C2 son más grandes y gruesas, y el sistema de losas requiere mayor material. Las escaleras en C2, por normativa, son de emergencia, lo que incrementa su uso de material. C1, sin embargo, supera a C2 en contrapiso y cubierta debido a su área de construcción. Por ejemplo, un m² de cubierta en C1 protege 2 m² de construcción, mientras que en C2, protege 10 m².

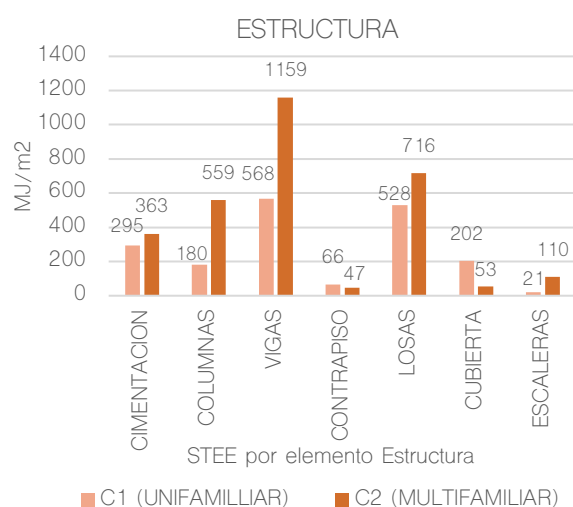


Figura 6. STEE por elemento del componente Estructura.

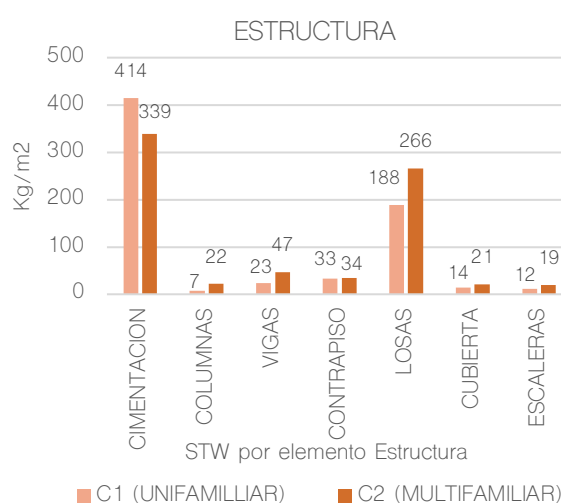


Figura 7. STW por elemento del componente Estructura.

Tabla 3. STEE (MJ/m2) y STW (kg/m2) de cada material utilizado para el componente Estructura de cada tipología.

ELEMENTOS ESTRUCTURA	MATERIAL	C1		C2	
		UNIFAMILIAR		MULTIFAMILIAR	
		STEE (MJ/m2)	STW (Kg/m2)	STEE (MJ/m2)	STW (Kg/m2)
Cimientos	Piedra	114,29	228,58	22,40	44,79
	Concreto	151,19	184,38	237,60	289,75
	Acero	29,95	1,21	103,14	4,15
Columnas	Acero	179,97	7,25	558,65	22,49
Vigas	Acero	567,52	22,85	1158,85	46,65
Contrapiso	Concreto	25,89	31,58	27,64	33,70
	Acero	40,20	1,62	18,88	0,76
Losas	Concreto	145,01	176,84	205,33	250,41
	Lámina galvanizada	270,64	6,77	355,93	8,90
	Acero	112,56	4,53	154,41	6,22
Cubierta	Concreto	6,59	8,04	16,51	20,13
	Lámina galvanizada	144,72	3,62	25,94	0,65
	Acero	51,17	2,06	10,59	0,43
Escaleras	Concreto	9,42	11,48	12,57	15,33
	Acero	11,10	0,45	97,27	3,92
TOTAL		1860	691	3006	748

* Elaboración propia

En la *Tabla 3*, el acero es el material más utilizado en C1, con un STEE de 992,47 MJ/m² (53,35% del total), seguido por concreto (338,10 MJ/m², 18,18%) y lámina galvanizada (144,72 MJ/m², 7,78%). En C2, el acero también domina, con 2101,80 MJ/m² (69,93%), seguido por concreto (499,65 MJ/m², 16,62%) y lámina galvanizada (355,93 MJ/m², 11,84%). Las diferencias en STEE y STW reflejan la complejidad de cada tipología. C2 no solo usa más materiales, sino que presenta un aumento del 1,61 en STEE respecto a C1, subrayando la importancia de la selección del sistema constructivo para el impacto ambiental.

3.1.2. Envoltente

En cuanto a la envoltente, (*la Figura 8*) presenta los resultados generales de C1 y C2, centrados en STEE (MJ/m²) y STW (kg/m²). Las (*Figuras 9 y 10*) desglosan estos parámetros por elementos de la envoltente, y (*la Tabla 4*) detalla los materiales utilizados. C1 muestra un STEE de 983 MJ/m² y un STW de 383 kg/m², mientras que C2 tiene un STEE de 301 MJ/m² y un STW de 111 kg/m². Esto implica que C1 supera a C2 en 682 MJ/m² y 272 kg/m², representando un incremento del 69,3% en STEE y 71,1% en STW.

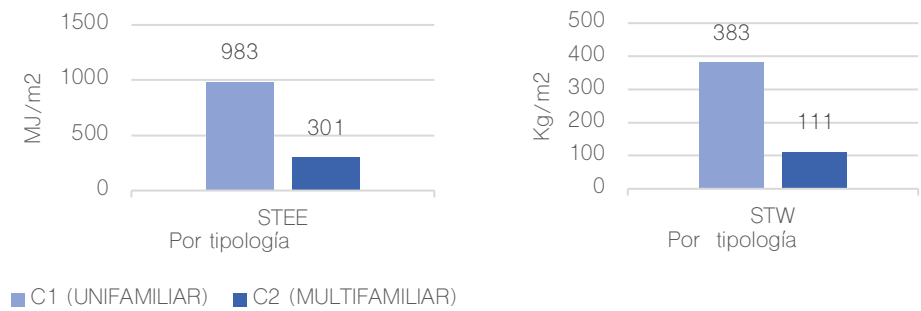


Figura 8. Comparación de STEE y STW en el componente Envoltente.

Ambas edificaciones tienen sistemas constructivos similares, pero C1 presenta valores más altos en todos los elementos. En C1, las ventanas tienen un STEE de 464 MJ/m² y los muros 452 MJ/m², mientras que en C2, las ventanas tienen 149 MJ/m² y los muros 129 MJ/m² (Véase *Figura 9* y *10*). C1 supera a C2 en la envolvente, ya que sus muros son perimetrales en sus cuatro caras y utiliza ladrillo macizo en lugar de ladrillo hueco como en C2. Esto resulta en que C1 requiera más material, incrementando su STEE hasta 3,5 veces más que C2.

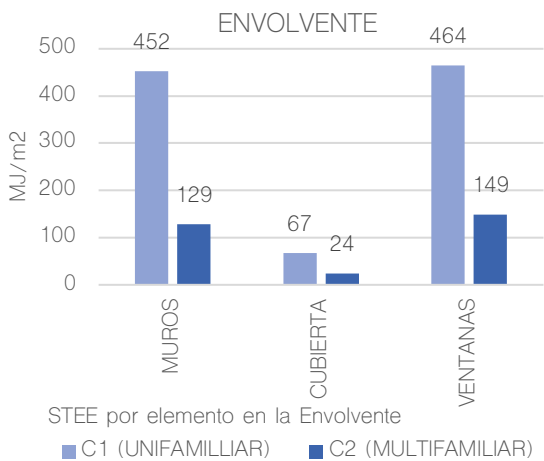


Figura 9. STEE por elemento del componente Envolvente.

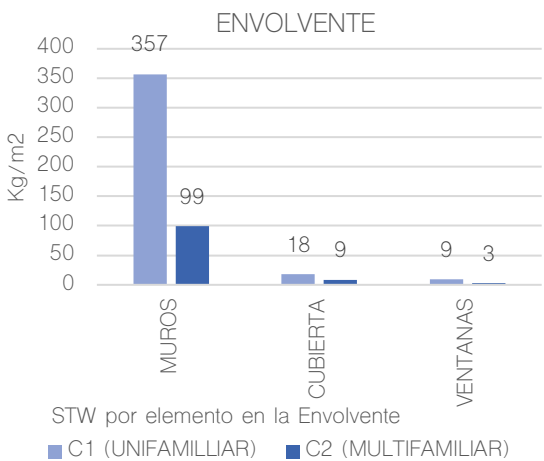


Figura 10. STW por elemento del componente Envolvente.

En cuanto a las ventanas, C1 también supera a C2 en 3,11 veces, debido a un diseño personalizado. La relación ventana-pared es del 20,8% en C1 y del 16,5% en C2, lo que afecta el STEE. C1 también tiene una cubierta con un área que resulta en un STEE 2,79 veces mayor que C2. La *Tabla 4* revela que en C1, el aluminio es el material más utilizado, con un STEE de 345,08 MJ/m² (35,09% del total), seguido por ladrillo macizo (170,53 MJ/m², 17,34%) y ladrillo hueco (167,87 MJ/m², 17,07%). En C2, el aluminio es igualmente el material principal (114,66 MJ/m², 38,07%), seguido por ladrillo hueco (109,76 MJ/m², 36,45%) y vidrio simple (34,08 MJ/m², 11,32%).

Tabla 4. STEE (MJ/m2) y STW (kg/m2) de cada material utilizado para el componente Envolvente de cada tipología.

ELEMENTOS ENVOLVENTE	MATERIAL	C1		C2	
		UNIFAMILIAR		MULTIFAMILIAR	
		STEE (MJ/m2)	STW (Kg/m2)	STEE (MJ/m2)	STW (Kg/m2)
Muros	Ladrillo artesanal	170,53	128,03	0,00	0,00
	Ladrillo artesanal Hueco	167,87	126,03	109,76	82,40
	Mortero de Cemento	113,99	102,70	18,87	17,00
Cubierta	Cerámica Vitrificada	54,93	6,87	16,52	2,07
	Mortero de Cemento	12,06	10,86	7,26	6,54
Ventanas	Vidrio Simple	118,99	6,62	34,08	1,90
	Aluminio	345,08	2,23	114,66	0,74
TOTAL		983	383	301	111

* Elaboración propia

En resumen, C1 presenta mayores valores de STEE en la envolvente que C2, atribuibles a su diseño arquitectónico y elección de materiales, lo que afecta la sostenibilidad y el consumo de recursos en edificaciones nuevas y renovaciones.

3.1.3. Acabados

Los resultados de los casos de estudio en la componente Acabados se centran en el STEE (MJ/m²) y el STW (kg/m²) (Véase Figura 11). Se analizan los parámetros y elementos de cada tipología (Véase Figuras 12 y 13) y se examinan los materiales utilizados (Véase Tabla 5). C1 presenta un STEE de 1195 MJ/m² y un STW de 203 kg/m², mientras que C2 tiene un STEE de 809 MJ/m² y un STW de 238 kg/m². Esto significa que C1 supera a C2 en 386 MJ/m² en



Figura 11. Comparación de STEE y STW en el componente Acabados.

C1 presenta un STEE máximo en acabados de muros (401 MJ/m²) y mínimo en pasamanos (57 MJ/m²); en C2, los muros también son máximos (307 MJ/m²) y pasamanos mínimos (24 MJ/m²) (Véase Figura 12 y 13). En general, C1 tiene valores de STEE más altos debido a la utilización de porcelanato, en contraste con la

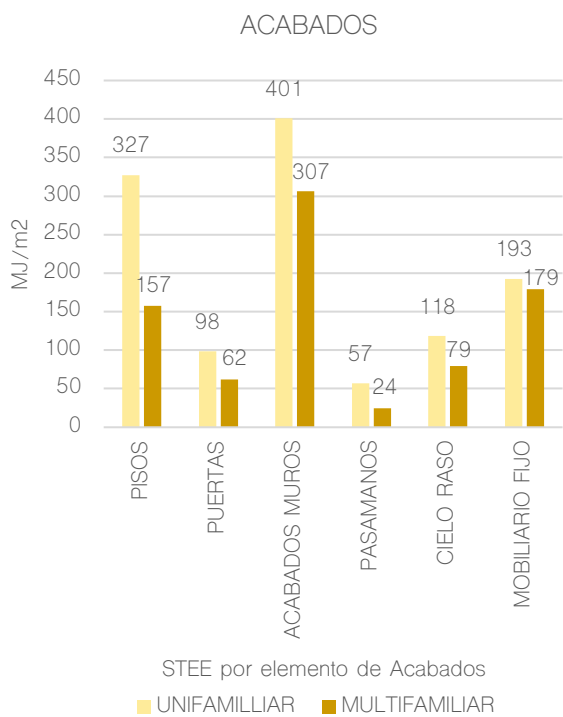


Figura 12. STEE por elemento del componente Acabados.

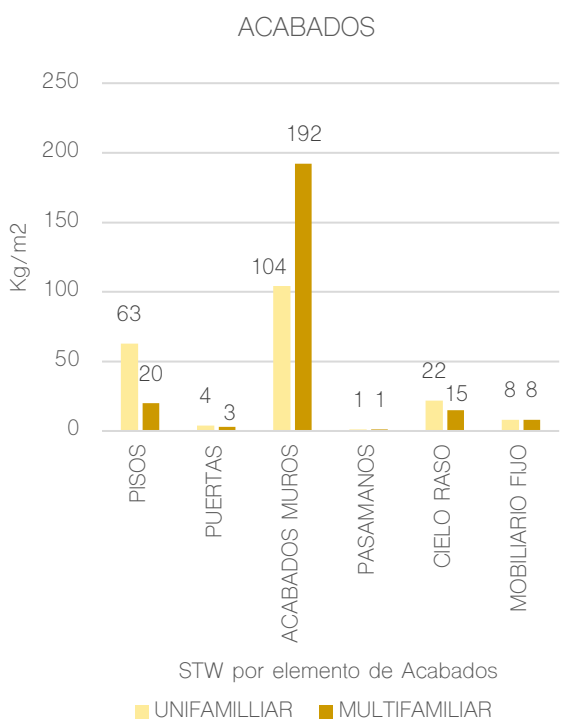


Figura 13. STW por elemento del componente Acabados.



cerámica vitrificada de C2. Los pasamanos en C1 usan aluminio y vidrio, materiales con alto índice de EE, mientras que C2 usa acero liviano.

Los elementos como puertas y mobiliario fijo también presentan mayores valores en C1, pero esto se debe a que C2 tiene dos niveles de subsuelo donde no se instalan acabados, afectando el área total de los cálculos. Aunque C2 sobresale en STW gracias a acabados de muros, que incluyen empastado de yeso en exteriores, lo que no se aplica en C1.

En la Tabla 5, el porcelanato es el material más destacado en C1, con un STEE de 392,22 MJ/m² (32,83% del total), seguido por tableros de madera (291,20 MJ/m², 24,37%) y mortero de cemento (146,37 MJ/m², 12,25%). En C2, los tableros de madera son los más relevantes (241,63 MJ/m², 29,87%), seguidos por mortero de cemento (178,59 MJ/m², 22,08%).

Tabla 5. STEE (MJ/m²) y STW (kg/m²) de cada material utilizado para el componente Acabados de cada tipología.

ELEMENTOS ACABADOS	MATERIAL	C1 UNIFAMILIAR		C2 MULTIFAMILIAR	
		STEE	STW	STEE	STW
		(MJ/m ²)	(Kg/m ²)	(MJ/m ²)	(Kg/m ²)
Pisos	Piso de madera Laminada	65,83	1,81	110,23	3,03
	Lámina de Polietileno	0,58	0,01	0,97	0,01
	Cerámica Vitrificada	104,35	13,04	31,97	4,00
	Porcelanato	108,12	4,24	0,00	0,00
	Mortero de Cemento	48,51	43,70	14,04	12,64
Puertas	Tablero de Partículas de Madera MDP	98,41	4,28	62,22	2,71
Acabados de Muros	Mortero de Cemento	97,87	88,17	164,56	148,25
	Empaste de Yeso	10,54	4,21	97,43	38,97
	Pintura plástica Látex	8,19	0,41	7,57	0,38
	Porcelanato	284,10	11,14	0,00	0,00
	Cerámica Vitrificada	0,00	0,00	37,00	4,62
Pasamanos	Vidrio Simple	17,21	0,96	0,00	0,00
	Aluminio	40,05	0,26	0,00	0,00
	Acero	0,00	0,00	24,27	0,98
Cielo Raso	Estructura Galvanizada para tableros de yeso	26,19	3,74	17,53	2,50
	Tablero de Yeso	67,67	9,67	45,31	6,47
	Empaste de Yeso	21,15	8,46	14,16	5,66
	Pintura plástica Látex	3,29	0,16	2,20	0,11
Mobiliario fijo	Tablero de Partículas de Madera MDP	192,78	8,38	179,41	7,80
TOTAL		1195	203	809	238

* Elaboración propia

En conclusión, los acabados en C1 tienen mayor impacto en el STEE que en C2, lo que resalta la importancia del diseño y selección de materiales para mejorar la sostenibilidad y reducir el consumo de recursos en nuevas edificaciones y renovaciones.

3.2. Análisis general de todos los componentes: Estructura, Envolvente y Acabados.

En los anteriores numerales los resultados han sido analizados de manera individual para cada componente. En este punto, los resultados de STEE y STW se enfocan en la totalidad de la

edificación, el análisis en conjunto de los tres componentes, Estructura, Envolverte y Acabados, medidos en las dos tipologías de vivienda estudiadas, C1 y C2. (Véase Figura 14 y 15).

Los dos casos de estudio presentan valores diferentes, por un lado, el caso C1 muestra un STEE total de 4038 MJ/m² y un STW de 1277 kg/m²; por otro lado, el caso C2 tiene un STEE total de 4116 MJ/m² y un STW de 1097 kg/m². De acuerdo con esto, la edificación multifamiliar C2 tiene un valor STEE de 78 MJ/m² y un valor de STW de 180 kg/m² mayor que la edificación unifamiliar C1, lo que implica que C2 es más intensiva en energía en comparación con C1. Esto refleja las diferencias en el uso de materiales y el impacto ambiental asociado.

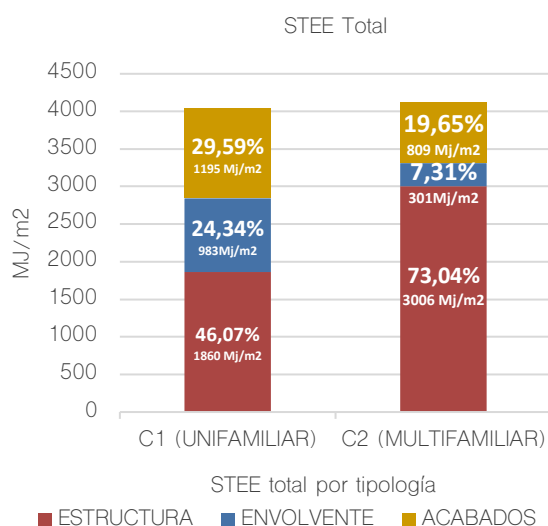


Figura 14. Comparación STEE total por Tipologías.

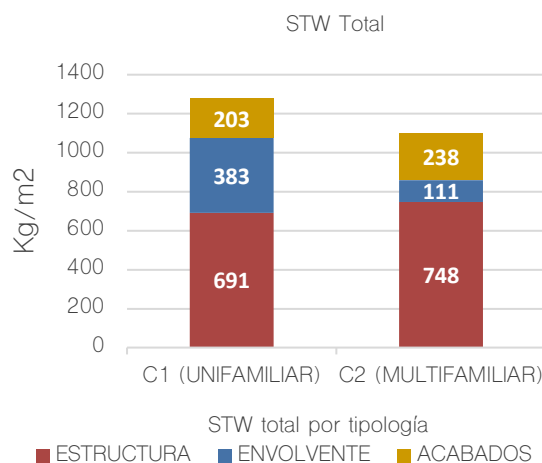


Figura 15. Comparación STW total por Tipologías.

Como se observa, C2 supera a C1 en los componentes Estructura y Acabados, pero C1 tiene valores más altos en la envolverte y Acabados. Este análisis resalta la importancia de considerar cada componente y su contribución al impacto ambiental de la edificación, así como la necesidad de un diseño que optimice el uso de recursos y minimice el consumo de energía.

4. Discusión

Los resultados obtenidos del análisis de los casos de estudio C1 y C2 evidencian cómo el diseño arquitectónico, los materiales seleccionados y el sistema constructivo impactan directamente en el consumo de energía y recursos. C1, aunque parece ser más eficiente en términos de envolverte y acabados, presenta un valor total de STEE más bajo. Por el contrario, C2, a pesar de tener un valor mayor de STEE, es más intensivo en el uso de recursos, lo que sugiere un mayor impacto ambiental.

Además, el estudio muestra que la complejidad arquitectónica de C2, que incluye elementos estructurales adicionales y acabados personalizados, contribuye a su mayor STEE. Esto resalta la necesidad de un análisis integral en el diseño de edificaciones, considerando no solo la eficiencia energética de los materiales y sistemas, sino también el impacto a largo plazo en el medio ambiente.

Estos hallazgos son fundamentales para guiar futuras decisiones en la planificación y construcción de edificaciones, promoviendo prácticas más sostenibles y responsables que reduzcan el consumo de recursos y la huella ambiental de la arquitectura contemporánea.

4. Conclusión

Este estudio compara la Energía Incorporada Total Específica (STEE) en edificaciones residenciales unifamiliares y multifamiliares en Cuenca, Ecuador, en respuesta al crecimiento urbano disperso de la ciudad. Utilizando la metodología de Torres Quezada et al. [34], se especificaron los materiales de construcción según su función (estructura, envolvente y acabados) y se calculó la contribución del STEE y el STW. Esto permitió discutir las implicaciones del crecimiento vertical versus horizontal y analizar el impacto energético y de masa incorporada en los componentes de cada tipo de edificación.

Se concluyó que la "Estructura" es el componente de mayor peso en el STEE para ambos tipos de vivienda. Sin embargo, en edificaciones multifamiliares, su influencia es mucho mayor debido a la presencia de elementos constructivos adicionales, como sótanos, ductos de ascensor, escaleras de emergencia y refuerzos en vigas y columnas. En cambio, la "Envolvente" es el componente con menor impacto en el STEE en ambos tipos de vivienda, siendo especialmente bajo en las multifamiliares por su diseño arquitectónico, relación ventana-pared y selección de materiales. Los "Acabados" tienen una influencia media en el STEE para ambas, aunque es menor en las multifamiliares debido al uso de materiales más sencillos o visibles, como ladrillo artesanal. En términos generales, el impacto ambiental de las viviendas multifamiliares es ligeramente inferior al de las unifamiliares, con una diferencia del 1.93%, lo cual sugiere que la densificación podría ser un modelo favorable para Cuenca, aunque la diferencia no es significativa. Esto sugiere que el beneficio en STEE es mínimo en ambas tipologías de construcción, dado que la estructura sigue siendo el principal determinante del STEE final.

Las conclusiones resaltan la importancia de la planificación en diseño, materiales y escala para la eficiencia energética, proporcionando un marco valioso para investigaciones futuras y prácticas en construcción sostenible. No obstante, este estudio no aborda algunos aspectos importantes como los beneficios de evitar la extensión de servicios básicos, la red de transporte público, la infraestructura pública, entre otros factores externos que, al relacionarse con la construcción multifamiliar, podrían conllevar un ahorro energético significativo.

Este estudio representa un precedente importante para futuras investigaciones. Se sugiere realizar análisis adicionales de la STEE en edificaciones multifamiliares empleando otros sistemas constructivos, ya que podrían arrojar resultados diferentes. También se recomienda explorar edificios multifamiliares de menor altura, en los que las normativas y exigencias estructurales son menos rigurosas, lo cual facilitaría la identificación de un equilibrio entre los niveles construidos y la Energía Incorporada Total Específica. Para alcanzar un equilibrio energético en el ciclo de vida de una edificación, es crucial tener en cuenta tanto la Energía Incorporada (EE) como la Energía Operativa (EO), contribuyendo a un enfoque más sostenible. Explorar estas áreas adicionales permitiría obtener una perspectiva más completa para fortalecer la eficiencia energética y la sostenibilidad en la construcción de edificaciones residenciales. Los resultados de esta investigación son específicos para los casos de estudio seleccionados, por lo que la información no debe generalizarse.

Contribución de autores: Los autores participaron en todos los apartados del documento.

Financiamiento: Los autores financiaron la integridad del estudio. Paúl López agradece a la Maestría en Construcciones de la Universidad de Cuenca. Este trabajo recibió soporte de la Universidad

Católica de Cuenca y el grupo CAT a través del proyecto de Investigación DAMA II con código PICODS21-35.

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

Referencias

1. Acevedo Agudelo, H.; Vásquez Hernández, A.; Ramírez Cardona, D. Sostenibilidad: Actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia. Redalyc.org, Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal 2012, 105–117.
2. Al-Kodmany, K. Sustainable High-Rise Buildings: Toward Resilient Built Environment. *Front. Sustain. Cities* 2022, 4, 2624–9634. <https://doi.org/10.3389/frsc.2022.782007>.
3. Arenas, N. F.; Shafique, M. Reducing embodied carbon emissions of buildings – a key consideration to meet the net zero target. *Sustain. Futur.* 2024, 7, 100166. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2024.100166>.
4. Azari, R.; Abbasabadi, N. Embodied energy of buildings: A review of data, methods, challenges, and research trends. Elsevier 2018, 225–235.
5. Cabrera Jara, N. E.; Orellana Vintimilla, D. A.; Hermida Palacios, M. A.; Osorio Guerrero, P. E. Evaluando la sustentabilidad de la densificación urbana. Indicadores y su dimensión espacial en el caso de Cuenca (Ecuador). *Univ. Nac. Colomb. – Sede Bogotá – Fac. Artes – Inst. Investig. Hábitat, Ciudad Territorio.* 2015, 22.
6. Chuai, X.; Lu, Q.; Huang, X.; Gao, R.; Zhao, R. China's construction industry-linked economy-resources-environment flow in international trade. *J. Clean. Prod.* 2021, 278, 123990. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123990>.
7. Cueva, J. I. Nuevo modelo de habitar: Propuesta de multifamiliar en la ciudad de Cuenca para reducir la expansión urbana indiscriminada. *Univ. Católica de Cuenca* 2024. <https://doi.org/10.17298/ucacue>.
8. Dascalaki, E.; Argiropoulou, P.; Balaras, C.; Droutsas, K.; Kontoyiannidis, S. Analysis of the embodied energy of construction materials in the life cycle assessment of Hellenic residential buildings. *Energy Build.* 2021, 232, 110651. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110651>.
9. Dieter, N. El método comparativo. En S. Barquera, A. Herminio, *Antologías para el estudio y la enseñanza de la ciencia política. Volumen III: La metodología de la ciencia política.* Inst. Invest. Jurídicas UNAM 2020. <https://doi.org/10.18543/y2lh7foq>.
10. Dixit, M. Life cycle embodied energy analysis of residential buildings: A review of literature to investigate embodied energy parameters. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2017, 79, 390–413. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.051>.
11. Dixit, M. Life cycle recurrent embodied energy calculation of buildings: A review. *J. Clean. Prod.* 2019, 209, 731–754. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.230>.
12. Dixit, M. K.; Fernández-Solís, J.; Lavy, S.; Culp, C. Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review. *Energy Build.* 2010, 42, 1238–1247. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.02.016>.
13. Donoso Correa, M. E. Critical analysis of the urban planning of the City of Cuenca. *Maskana* 2016, 7, 107–122. <https://doi.org/10.18537/mskn.07.01.11>.
14. GAD Municipal de Cuenca. Ordenanza de control para el suelo urbano, suelo rural y suelo rural de expansión urbana del canton Cuenca. GAD Municipal de Cuenca 2021. <https://doi.org/10.17298/cuenca.gob>.
15. Gago Lorenzo, P. Reflexiones sobre el derecho a la vivienda en el Ecuador: Una revisión desde la realidad urbana y el derecho a la ciudad. *Ciudad Desarro. Local Gob. Polít. Pública* 2008.

16. Garcia Punhagui, K. Potencial de redução das emissões de CO₂ e da energia incorporada na construção de moradias no Brasil mediante o incremento do uso de madeira. Doctoral Thesis, Escola Politécnica, University of São Paulo, São Paulo, 2014. <https://doi.org/10.11606/T.3.2014.tde-29042015-164644>.
17. Hermida, A.; Hermida, C.; Cabrera, N.; Calle, C. La densidad urbana como variable de análisis de la ciudad. El caso de Cuenca, Ecuador. *EURE* 2015, 25–44.
18. INEC. Boletín Técnico Estadísticas de Edificaciones (ESED) 2022. Instituto Nacional de Estadística y Censos, Ecuador 2023. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>.
19. INEC. Boletín Técnico Estadísticas de Edificaciones (ESED) 2023. Instituto Nacional de Estadística y Censos, Ecuador 2024. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>.
20. Lukić, I.; Premrov, M.; Alexander, A.; Leskovar, V. Embodied energy and GHG emissions of residential multi-storey timber buildings by height – A case with structural connectors and mechanical fasteners. *Energy Build.* 2021, 252, 111387. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111387>.
21. Menzies, G.; Turan, S.; Banfill, P. Life-cycle assessment and embodied energy: a review. *Constr. Mater.* 2007, 160, 135–143.
22. Moscoso García, P.; Quesada Molina, F. Analysis of Passive Strategies in Traditional Vernacular Architecture. *Build.* 2023, 13, 81984. <https://doi.org/10.3390/buildings13081984>.
23. ONU. World Population Prospects 2024: Summary of Results. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division 2024.
24. Pakdel, A.; Ayatollahi, H.; Sattary, S. Embodied energy and CO₂ emissions of life cycle assessment (LCA) in the traditional and contemporary Iranian construction systems. *J. Build. Eng.* 2021, 39, 102310. <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.102310>.
25. Praseeda, K.; Venkatarama Reddy, B.; Mani, M. Embodied and operational energy of urban residential buildings in India. *Energy Build.* 2016, 110, 211–219. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.072>.
26. Ramon, F. Sector inmobiliario en Cuenca, el antes y después de la pandemia. *El Mercurio* 2022, 30.
27. Sartori, I.; Hestnes, A. Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article. *Energy Build.* 2007, 39, 249–257. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.07.001>.
28. Shadram, F.; Mukkavaara, J. Exploring the effects of several energy efficiency measures on the embodied/operational energy trade-off: A case study of Swedish residential buildings. *Energy Build.* 2019, 183, 283–296. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.11.026>.
29. Shadram, F.; Johansson, T. D.; Lu, W.; Schade, J.; Olofsson, T. An integrated BIM-based framework for minimizing embodied energy during building design. *Energy Build.* 2016, 128, 592–604. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.07.007>.
30. Stephan, A.; Athanassiadis, A. Towards a more circular construction sector: Estimating and spatialising current and future non-structural material replacement flows to maintain urban building stocks. *Resour. Conserv. Recycl.* 2018, 129, 248–262. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.022>.
31. Terrádez Salom, D. La vivienda como derecho fundamental. Compromisos internacionales más allá del principio rector. *Estud. Deusto* 2024, 72, 369–402. <https://doi.org/10.18543/ed.3110>.
32. Torres Quezada, J. Comportamiento térmico de la cubierta en un clima cálido húmedo: repercusión energética en el edificio. *Esc. Téc. Super. Arquít. Barcelona_ETSAB*
33. Torres Quezada, J.; Torres Avilés, A. The Construction Evolution and Their Energetic Impact in Andean Region Buildings. *Green Energy and Technology*. Springer, Cham. 2023, 1–48. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21598-8_1.

34. Torres Quezada, J.; Torres Avilés, A.; Isalgué, A.; Pagés Ramón, A. The evolution of embodied energy in Andean residential buildings: Methodology applied to Cuenca-Ecuador. *Energy Build.* 2022, 259, 111858. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.111858>.
35. United Nations Human Settlements Programme. World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities. *United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat)*, 2022. Available online: unhabitat.org.



© 2024 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

Modelos matemáticos para la Evaluación del Efecto Cadena de Amarre en Edificaciones de Mediana Altura.

Anchundia Adrián Luis Augusto ¹  Chacón Sánchez Juan Pablo ¹ 

¹ Universidad Técnica de Manabí, Departamento de Posgrado, Manabí, Ecuador.



Correspondencia: luis27an@hotmail.com



+ 593 99 624 3578

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj73185>

Resumen: La simulación numérica es una herramienta muy útil al momento de realizar cálculos complejos, y en los cálculos estructurales es de las herramientas más utilizadas, pero en ciertas ocasiones tenemos incertidumbre acerca del comportamiento que pueden tener elementos específicos, como sucede en el efecto que tienen las cadenas de amarre y su influencia en la interacción suelo-estructura. Para entender estos efectos se propone simulaciones simples donde podamos incluir estos elementos, con la finalidad analizar la su incidencia en el comportamiento de la estructura mediante el uso de un software comercial. De estas simulaciones se obtiene que un modelo de cimentación utilizando resortes genera resultados muy similares a un modelo idealizado de suelo en elementos finitos, mientras que proveer cadenas de amarre a nivel de contrapiso hace que la estructura tenga un mejor comportamiento ante eventos sísmicos.

Palabras claves: Interacción suelo-estructura, cadenas de amarre, software comercial, modelos matemáticos, simulación numérica, elementos shell.

Mathematical models for the evaluation of the footing tie beam effect in medium height buildings

Abstract: Numerical simulation is a very useful tool when performing complex calculations, and in structural calculations it is one of the most used tools, but sometimes we have uncertainty about the behavior of specific elements, as it happens in the effect of the footing tie beam and their influence on the soil-structure interaction. To understand these effects, we propose simple simulations where we can include these elements, with the purpose of analyzing their incidence on the behavior of the structure using commercial software. From these simulations it is obtained that a foundation model using springs generates very similar results to an idealized finite element soil model, while providing tie chains at the subfloor level makes the structure perform better in seismic events.

Keywords: Interaction soil-structure, footing tie beam, mathematical models, numerical simulation, shell elements.



Check for updates

Cita: Anchundia Adrián, L. A., & Chacón Sánchez, J. P. (2024). Modelos matemáticos para la Evaluación del Efecto Cadena de Amarre en Edificaciones de Mediana Altura. Green World Journal, 07(03), 185.

<https://doi.org/10.53313/gwj73185>

Received: 30/October/2024

Accepted: 20/November/2024

Published: 23/November/2024

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

Los ingenieros estructurales comúnmente diseñan superestructuras con condiciones de apoyo fijas en la base y transmiten las reacciones a la subestructura para diseñar el sistema de cimentación y estimar el desplazamiento del suelo [1].

En el Ecuador, la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción), indica que cualquiera que sea el tipo de cimentación a construirse, las columnas de pórtico y de confinamiento deben conectarse a nivel de cimentación entre sí, a través de cadenas de amarre, formando una retícula [2], no obstante, se ha observado que de manera tradicional se opta por métodos de arriostramiento de las estructuras a nivel de contrapiso. Este tipo de cadenas de amarre, busca generar la condición de empotramiento en los pies de columna [3], sin embargo, existe escasa información para poder corroborar que dicha condición se cumpla, lo cual genera incertidumbre de su comportamiento, esto debido a que la respuesta estructural de un edificio se ve afectado por la interacción de tres parámetros como: el suelo, la cimentación y la estructura [4].

En el diseño y análisis de una estructura se consideran una serie de supuestos con el fin de simplificar y disminuir el tiempo y costo del estudio [5] pero debido a estos supuestos que facilitan en ciertos parámetros, podemos llegar a generar incertidumbre en otros, como puede ser las simulaciones numéricas, donde en ciertas ocasiones existen variables que no se incluyen, y cuando se lo hace es necesario establecer su incidencia en el comportamiento.

Los modelos matemáticos nos permiten simular de manera virtual el comportamiento de elementos reales, este comportamiento está condicionado a los parámetros y variables que se dispongan al momento de realizar la modelación de los elementos. Una de estas variables es la interacción suelo-estructura, de lo cual sabemos que, el desplazamiento del suelo y el desplazamiento de la estructura se toman como independientes entre sí [6], pero debido a que generalmente la superestructura y la cimentación se diseñan por separado, estos efectos suelen ignorarse, aun sabiendo que el efecto de la interacción suelo-estructura es de mucha importancia, y que en el análisis y diseño estructural, ningún edificio podría aislarse del suelo de fundación [7].

Expuesto lo anterior llegamos al supuesto de que las cadenas de amarre generan una condición de empotramiento, pero nos genera una duda. ¿Cuál es el efecto de las cadenas de amarre en edificaciones de mediana altura? O si ¿Es necesario incluirlas en los modelos?

El presente trabajo busca analizar con diferentes modelos simplificados cual será el efecto de las cadenas de amarre y como está incide en su comportamiento, en donde incluiremos también la interacción suelo-estructura, para permitirnos acercarnos a un comportamiento idealizado, por medio de modelos matemáticos de pórticos en 2 dimensiones (2D) empleando software comercial.

En el caso de los modelos matemáticos que incluyan cimentaciones, debemos hacer que el sistema de cimentación sea capaz de transmitir las fuerzas que se desarrollan en la superestructura al suelo [8], para cumplir esto, debemos proveer elementos que simulen el comportamiento del suelo en la cimentaciones, esto generalmente se lo realiza con elementos tipo resorte los cuales van a tener propiedades acorde al suelo que se va a simular, pero algunas propiedades del suelo no pueden incluirse en lo elementos tipo resorte, por lo cual realizaremos la cimentación con suelo modelado en elementos finitos (CSMEF) donde aplicaremos más propiedades del suelo que las utilizadas en los resortes, y compararemos estos resultados, para conocer el comportamiento de la estructura bajo estos parámetros.

En lo que respecta a las cadenas de amarre, se suele suponer que su función es proveer condición de empotramiento [3], pero esta hipótesis aun genera incertidumbre debido a la limitada

investigación en torno a este comportamiento, para esto, realizaremos modelos de estructuras que incluyan cadenas de amarre, y compararemos su comportamiento con modelos similares los cuales no incluyan cadenas de amarre, de esta forma podremos averiguar que efecto genera la presencia de las cadenas de amarre en los modelos matemáticos.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

Para la caracterización del suelo, y la tipificación de la clase de estructura a analizar, se obtuvo información de manera autónoma, mediante fichas de datos donde se registraron las características de estructuras existentes, correspondientes a la zona céntrica de la ciudad de Portoviejo, ubicada en la provincia de Manabí, en la zona costera del Ecuador.

Tabla 1. Tipificación de edificios en la ciudad de Portoviejo, zona céntrica

Edificación	Número de Pisos	Longitud entre Columnas (metros)	Columnas en X	Columnas en Y	Altura Planta Baja (metros)	Altura Entrepisos (metros)
Hotel Ejecutivo	5	5,1	3	5	4,00	3,20
MAIGJATE	6	4,9	4	5	4,50	3,00
El Regalo	5	4,2	3	4	4,00	3,00
Mutualista Manabí	11	4,5	4	5	3,20	3,20
Edificio Privado	5	4,6	4	5	3,50	3,20
Nayesska	5	4	4	5	3,00	3,00
Vital Óptica	5	4,4	5	4	3,20	3,00
Edificio Privado	4	3,6	5	4	3,50	3,20
La Previsora	9	5	10	4	4,00	3,20
El Ariete	9	4,4	4	3	3,20	3,20
Banco del Pacífico	5	5,4	4	5	3,50	3,20
Clínica Metropolitana	6	5,5	5	4	3,20	3,20
Metropolitana						

La Figura 1. Área de Levantamiento de Información, muestra la ubicación del área que fue utilizada para la recopilación de información.

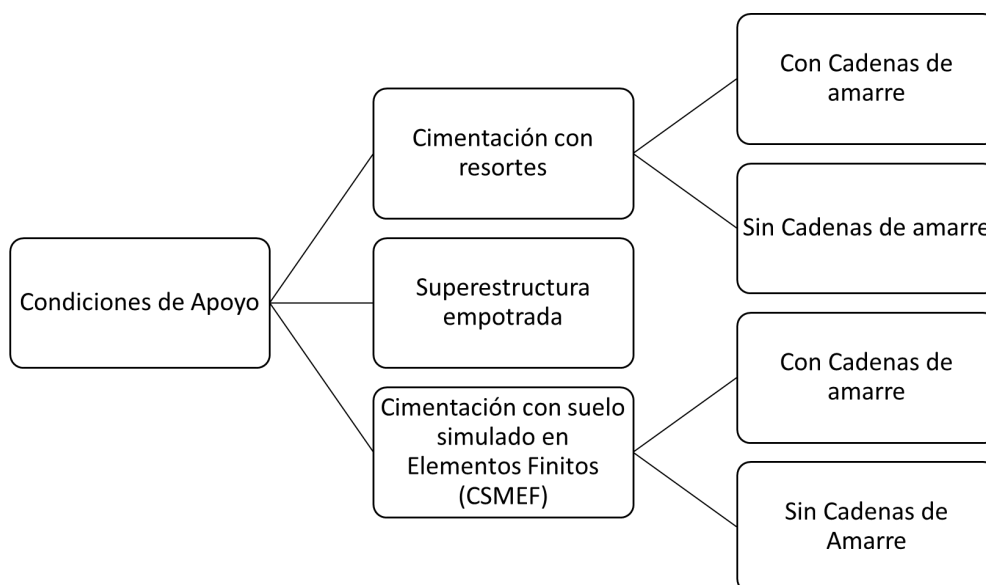


2.2 Métodos

Se realizaron modelos numéricos en un programa comercial de simulación, primeramente, se representa el elemento correspondiente al suelo, para su representación se procedió a aproximar los esfuerzos del modelo con los obtenidos analíticamente por medio del método de cálculo de esfuerzos de Boussinesq mediante el cálculo del factor de influencia. Esta equivalencia de esfuerzos entre el cálculo y los esfuerzos del modelo se realizó modificando las propiedades de un elemento área tipo Shell-Thin, utilizando un material de características isotrópicas cuyas propiedades corresponden a las de un suelo cohesivo.

A continuación, se procede a modelar un pórtico sobre este suelo, en donde se tomará el estado del suelo a nivel de cimentación (al ser este modelo el que da resultados más aproximados a los esfuerzos calculados por el método de esfuerzos de Boussinesq). También se establecerá un sistema de modelación mediante resortes (siendo este el modelo más utilizado para la simulación de interacción suelo-estructura) y por último un modelo con empotramiento en las bases, siendo este el método de modelación estructural más utilizado en nuestro medio.

Figura 2. Diagrama de los modelos realizados.



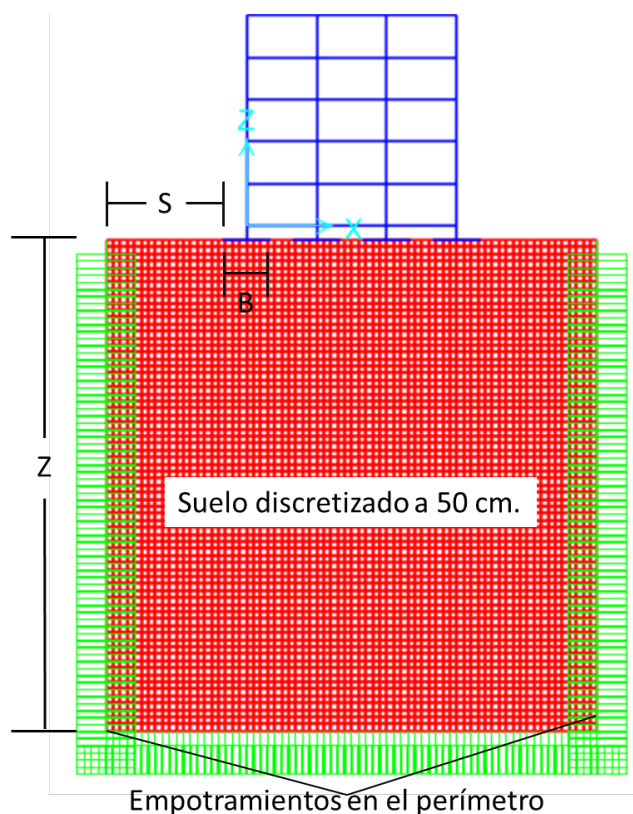
De estas simulaciones se obtiene la información estructural, la cual consiste en las cargas axiales y los momentos flectores y esfuerzos de corte mismas que nos permitirán realizar comparaciones entre los distintos modelos presentados.

2.2.1 Modelación de Superestructura

Se escogió realizar un marco plano en 2 dimensiones (2D) para simplificar el análisis, debido a que un análisis en 3 dimensiones (3D), tanto para la estructura como para el suelo, es mucho más complejo debido al tiempo de procesamiento y cantidad de elementos que deben incluirse en la simulación.

En lo que respecta a las características del edificio nos basamos en la información de la Figura 3 para poder estandarizar las medidas para los modelos a emplear, donde la longitud entre columnas será de 5 metros para 4 columnas en el sentido X que será el sentido analizado, en altura de entrepiso se utilizaron 3 metros, como medida típica, a continuación, únicamente se varía el número de pisos de 2 a 5 niveles.

Figura 3. Esquema del modelo matemático utilizado.



En la Figura 3 observamos el esquema utilizado, donde debemos caracterizar Z como la profundidad de nuestro elemento Shell correspondiente al suelo, y S la distancia que debe haber desde el extremo de la estructura hasta el extremo del elemento Shell, estos parámetros fueron obtenidos según lo indicado en la Figura 10, la cual toma en cuenta la sección B la cual corresponde al elemento de cimentación utilizado. Además de estos elementos se debe caracterizar la condición de apoyo. Para estas caracterizaciones se realizaron los análisis mostrados a continuación.

2.2.2 Estados de carga

Para el análisis lineal estático las cargas sobreimpuestas aplicadas a la estructura fueron las siguientes:

Tabla 2. Cargas sobreimpuestas a la estructura.

Niveles	Carga Muerta (kg/m ²)	Carga Viva (kg/m ²)
Entrepiso	274	200
Cubierta	116	70

Mientras que para el análisis sísmico queda definido con la información correspondiente a la zona de estudio la cual corresponde a la zona céntrica de la ciudad de Portoviejo, provincia de Manabí, donde los parámetros fueron los siguientes:

Tabla 3. Parámetros Sísmicos generales

Parámetros	Variable	Valor	Unidades
Factor de Importancia	I	1	s.u.

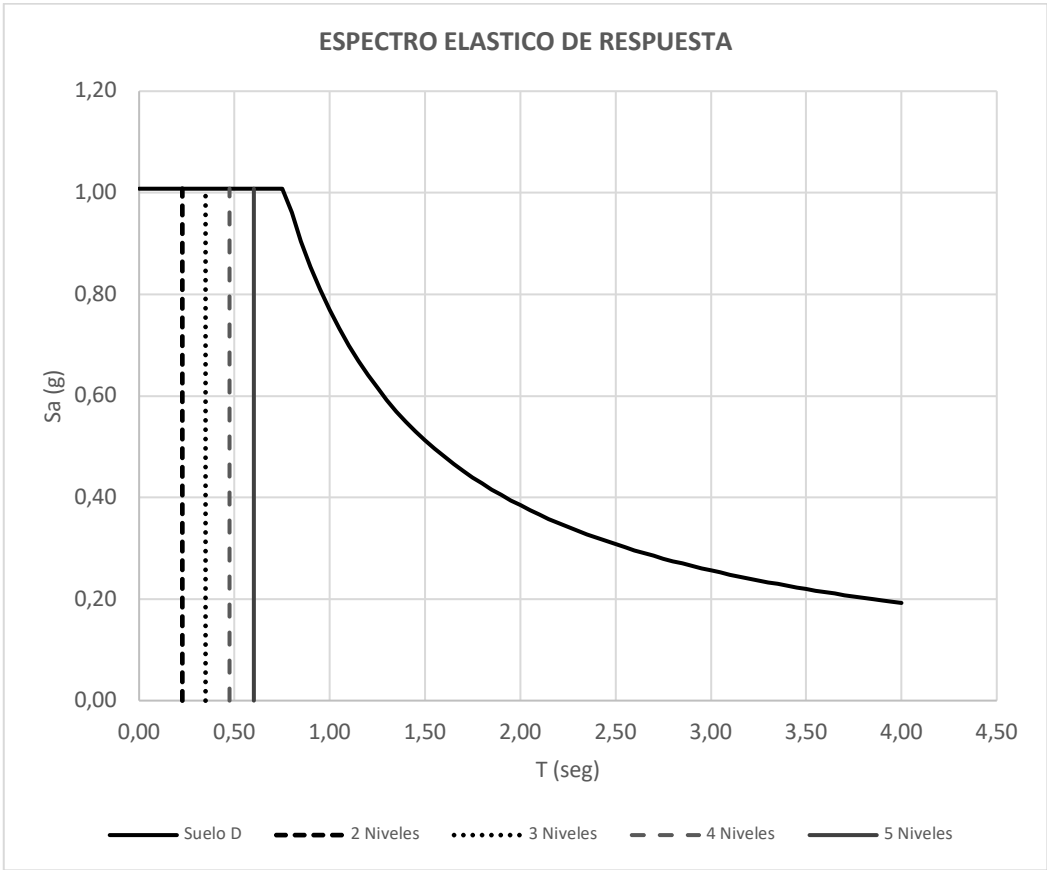
Factor de Reducción de Respuesta	R	8	s.u.
Factor de Irregularidad en Planta	$\bar{\phi}_p$	1	s.u.
Factor de Irregularidad en Elevación	$\bar{\phi}_e$	1	s.u.
Zonificación Sísmica		VI	
Tipo de Suelo		D	
Factor de aceleración de Zona Sísmica	Z	0,5	s.u.
Relación de amplificación espectral	n	1,8	s.u.
Coeficiente Ct	Ct	0,055	s.u.
Coeficiente de cálculo de periodo	α	0,9	s.u.
Factor de Sitio Fa	Fa	1,12	s.u.
Factor de Sitio Fd	Fd	1,11	s.u.
Factor de comportamiento Inelástico de suelo	Fs	1,4	s.u.
Factor Asociado al periodo de Retorno	r	1	s.u.
Período Límite en T=To	TO	0,139	seg.
Período Límite en T=Tc	TC	0,763	seg.
Período Límite en T=TL	TL	2,664	seg.

Tabla 4. Parámetros sísmicos para los diferentes niveles

Parámetro	Variable	Unidades	2 niveles	3 niveles	4 niveles	5 niveles
Altura total del elemento	hn	m	6	9	12	15
Período Método 1	T1	seg.	0,2760	0,3970	0,5150	0,6290

Período 1.3 del Método 1	T2	seg.	0,3588	0,5161	0,6695	0,8177
Periodo natural de vibración	Ta	seg.	0,2267	0,3485	0,4743	0,6020
Coeficiente de período de vibración	k	s.u.	1,0000	1,0000	1,0000	1,0510
Aceleración en Ta	Sa (Ta)	g	1,01	1,01	1,01	1,01
Coeficiente de Corte Basal	Cv	%	0,126	0,126	0,126	0,126

Figura 4. Espectro de Respuesta con los periodos naturales para cada nivel.

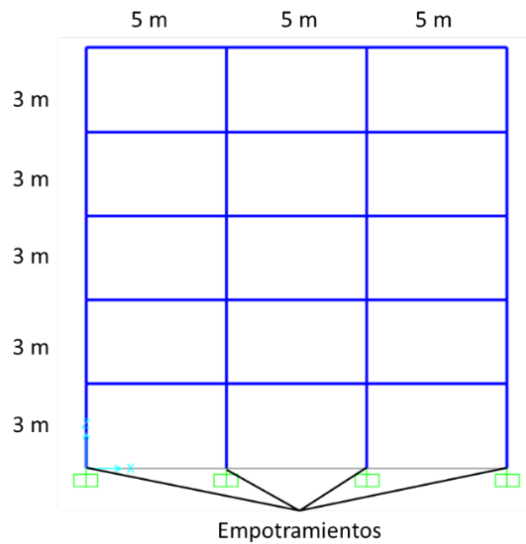


2.2.3 Condiciones de apoyo

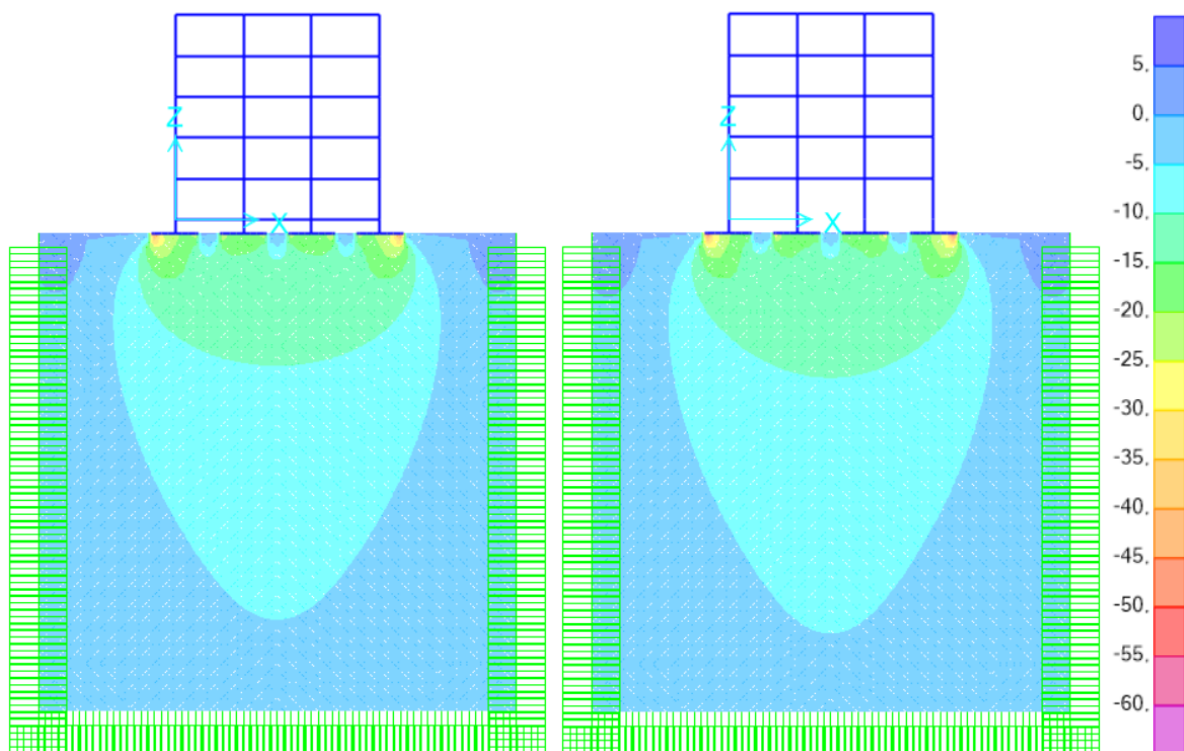
Para los modelos finales se compararon distintas configuraciones de apoyo, teniendo las siguientes:

- **Base Empotrada.** Siendo la configuración más utilizada para modelar en nuestro medio.

Figura 5. Modelo empotrado en la base.

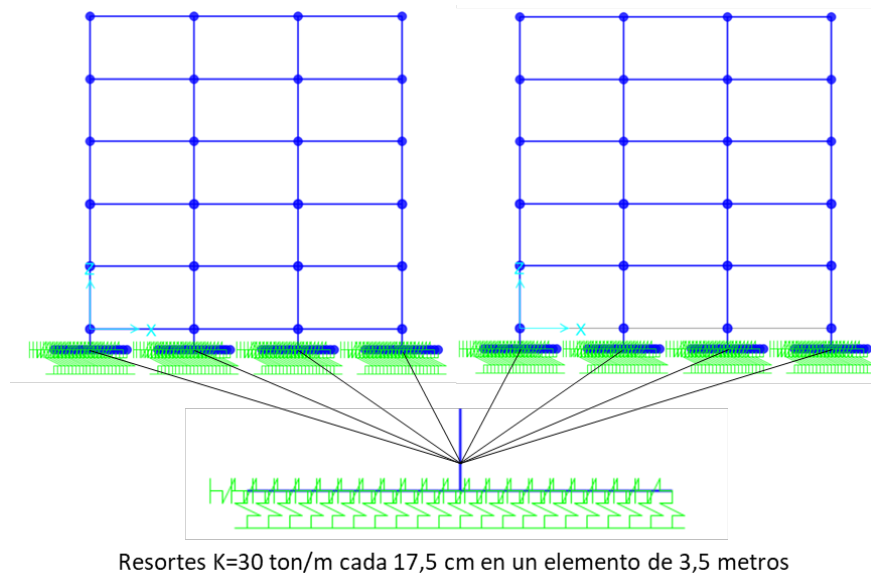


- **Cimentación con suelo modelado en elementos finitos (CSMEF).** Esta configuración se utilizó para simular la interacción suelo-estructura.

Figura 6. Modelo CSSEF con y sin cadenas de amarre, mostrando esfuerzos expresados en ton/m²

- **Cimentación con resortes.** Siendo esta la configuración usualmente utilizada para simular la interacción suelo-estructura.

Figura 7. Modelo con resortes en la cimentación, con y sin cadenas de amarre.



Las configuraciones de rigidez y discretización de los resortes se encuentran en la figura 7

Todos los modelos fueron analizados para diferentes configuraciones en elevación como fueron 2, 3, 4 y 5 niveles.

2.2.4 Parámetros del Suelo

La representación del suelo se realizó con elemento Shell-Thin donde buscamos los resultados que mejor se equiparen a los calculados mediante el método de Boussinesq [9] para carga lineal el cual consiste en lo siguiente:

$$\sigma = \frac{p}{z} p_0 \quad (1)$$

Donde:

- p : Carga Repartida
- z : Profundidad donde se calcula el esfuerzo
- p_0 : Factor de influencia que relaciona la distancia a la carga y la profundidad

Mientras que el factor de influencia para carga lineal se calcula con la siguiente ecuación:

$$p_0 = \frac{1}{2\pi} * \frac{n}{(m^2+1)\sqrt{m^2+n^2+1}} * \left(\frac{1}{m^2+n^2+1} + \frac{2}{m^2+1} \right) \quad (2)$$

$$m = \frac{x}{z} \quad (3)$$

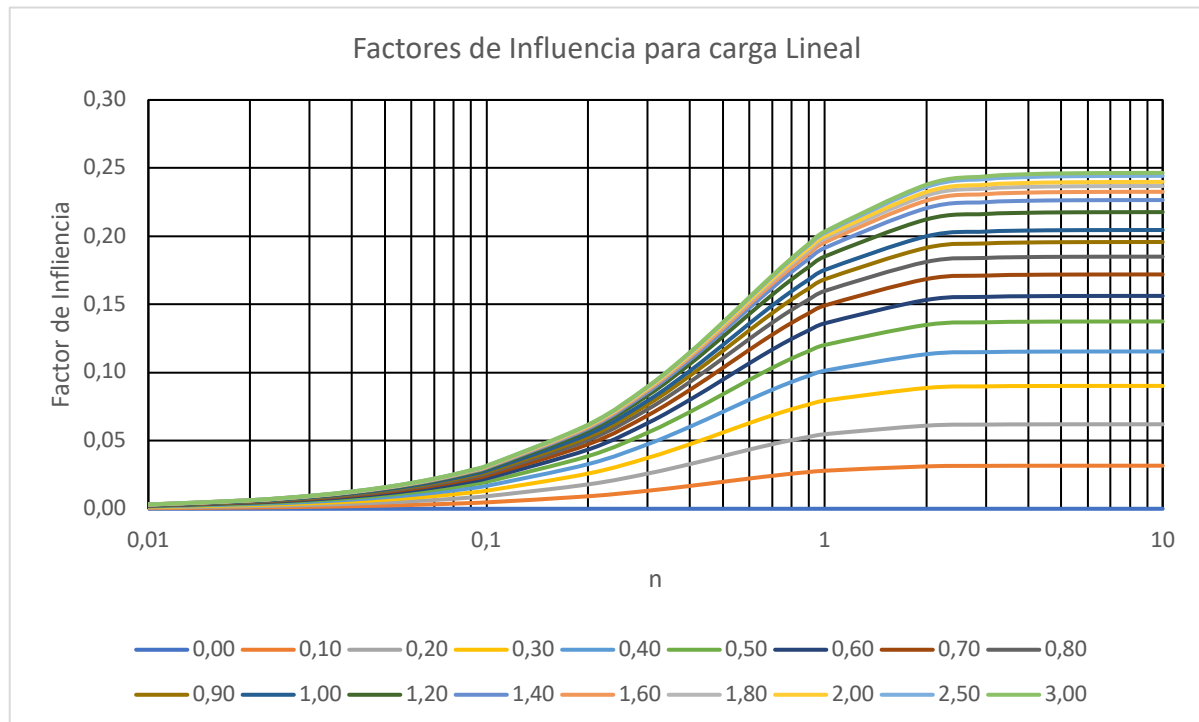
$$n = \frac{y}{z} \quad (4)$$

Donde:

- m : Relación de la distancia paralela desde el punto donde se aplica la carga hasta el punto donde se la analiza.
- n : Relación entre la distancia perpendicular desde el punto donde se aplica la carga al punto donde se la analiza.

Con la ecuación 2 podemos obtener un gráfico de factores de influencia que nos permite obtener el mismo para diferentes factores m y n como se puede observar en la Figura 8:

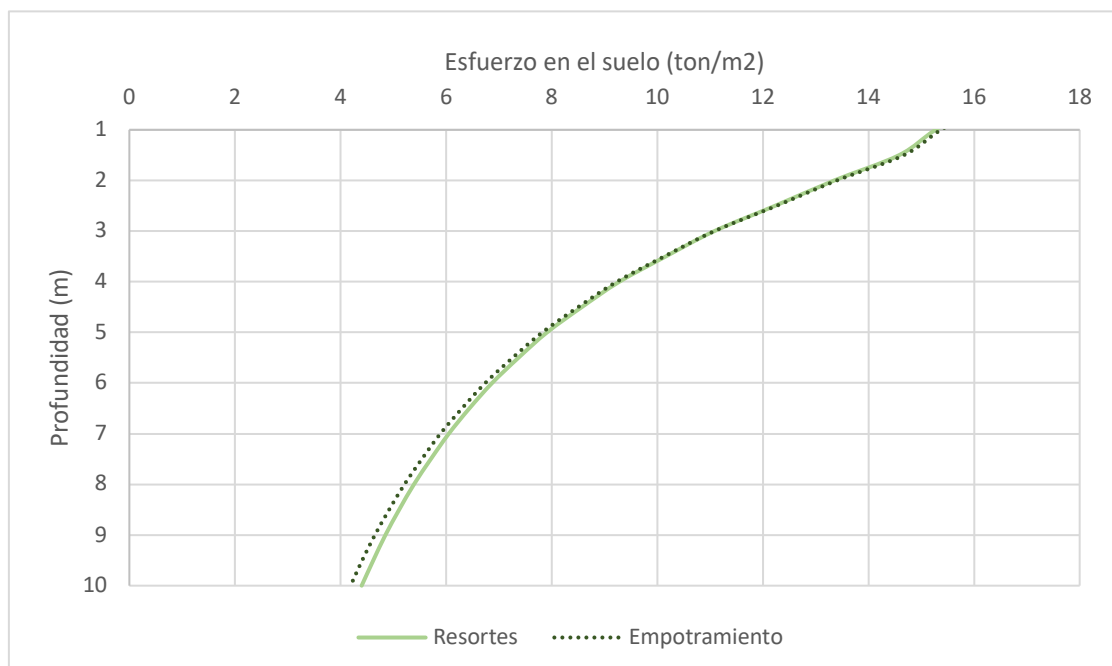
Figura 8. Factores de Influencia para Cargas Lineales



La Figura 8. nos permite calcular el esfuerzo en el suelo aplicando la ecuación 1.

En lo que corresponde a las condiciones de apoyo del CSMEF se comprobaron los esfuerzos correspondientes a las cargas equivalentes a los niveles estudiados, donde se utilizaron como condiciones de apoyo el estado de empotramiento y el de resorte, estos esfuerzos podemos observarlos en la Figura 9. También se analizó con condición de apoyo simple, siendo resultados idénticos al empotramiento, por ello estos datos no se incluyeron en el gráfico.

Figura 9. Comparación de esfuerzos en el suelo con diferentes condiciones de borde



Los resultados entre utilizar resortes o empotramiento como condición de apoyo para CSMEF son muy similares, siendo que para utilizar resortes como condición de apoyo se requiere calcular la rigidez de resortes, de manera sencilla resulta conveniente utilizar empotramientos.

Para determinar la profundidad y ancho a utilizar en la modelación del suelo nos basamos en la distribución de presiones de las líneas isobáricas para cimentaciones cuadradas [10]. Con lo indicado en Figura 10, se determinó que la profundidad Z valdrá 10 veces la longitud de nuestro elemento que funciona como cimentación, mientras que S , sería 4 veces esta misma longitud debido a que con estas dimensiones los esfuerzos son inferiores a 0.5%, valores más allá de estos son despreciables.

Figura 10. Líneas Isobáricas de esfuerzo vertical debajo de una cimentación cuadrada [10]

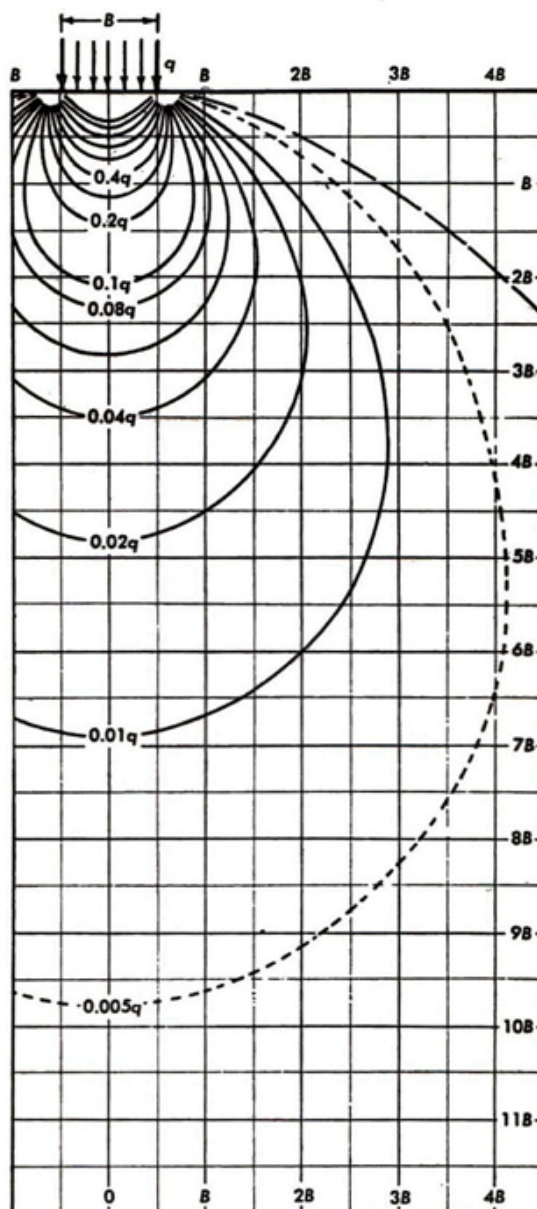


Tabla 5. Profundidad y ancho del suelo modelado en elementos finitos.

Niveles	B (metros)	Z (metros)	S (metros)
2	2,5	25	10
3	3	30	12
4	3	30	12
5	3,5	35	14

Figura 11. Valores de esfuerzos en el suelo con diferentes límites de profundidad.

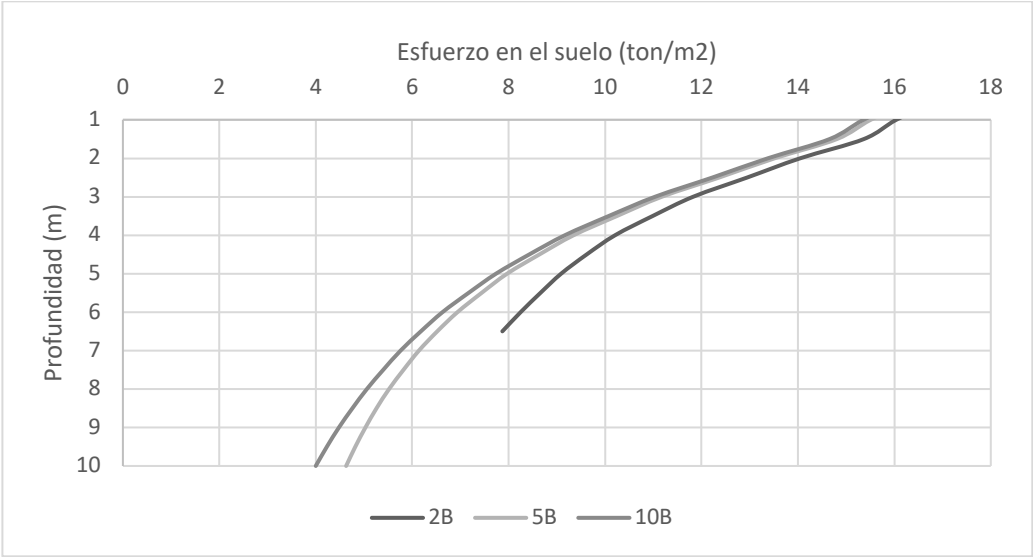
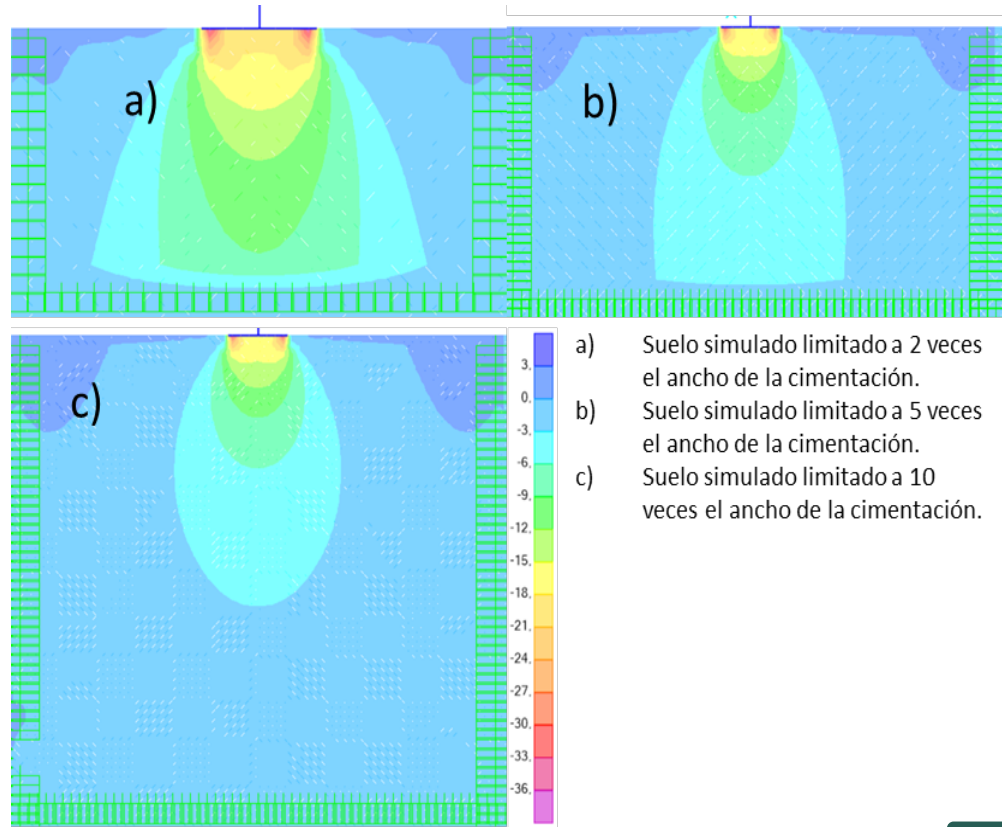


Figura 12. Grafica de esfuerzos en el suelo limitado a diferentes profundidades expresados en ton/m2.



2.2.5 Calibración de Resortes

debido a que la cimentación con resortes es el modelo más utilizado cuando se quiere simular la interacción suelo–estructura, entender sus características y comportamiento es fundamental para la investigación, para ello debemos generar resortes que se acoplen a las características que posee el suelo utilizado en el modelo, esto se lo realizo con los cálculos de coeficiente de módulo de subsuelo para sección cuadrada según Terzaghi [11], con la siguiente ecuación:

$$K = K_{30} * \left[\frac{0.3}{B} \right] \quad (4)$$

Donde:

- **K**: Coeficiente del modulo del subsuelo para una sección cuadrada de lado B, expresado en metros.
- **K₃₀**: Coeficiente del modulo de suelo para sección 30x30cm (coeficiente de Balasto).
- **B**: Longitud de la sección de cimentación cuadrada.

Este módulo está calculado para la sección total de la zapata, si deseamos resultados más afinados podemos discretizar nuestra cimentación donde este módulo será igual al módulo dividido para la cantidad de divisiones en las que se discretiza nuestra sección de cimentación cuadrada.

Tabla 6. Rigidez y Separación utilizada en los resortes.

Niveles	Rigidez (K) ton/m	Separación cm
2	30	12,5
3	30	14
4	30	15
5	30	17,5

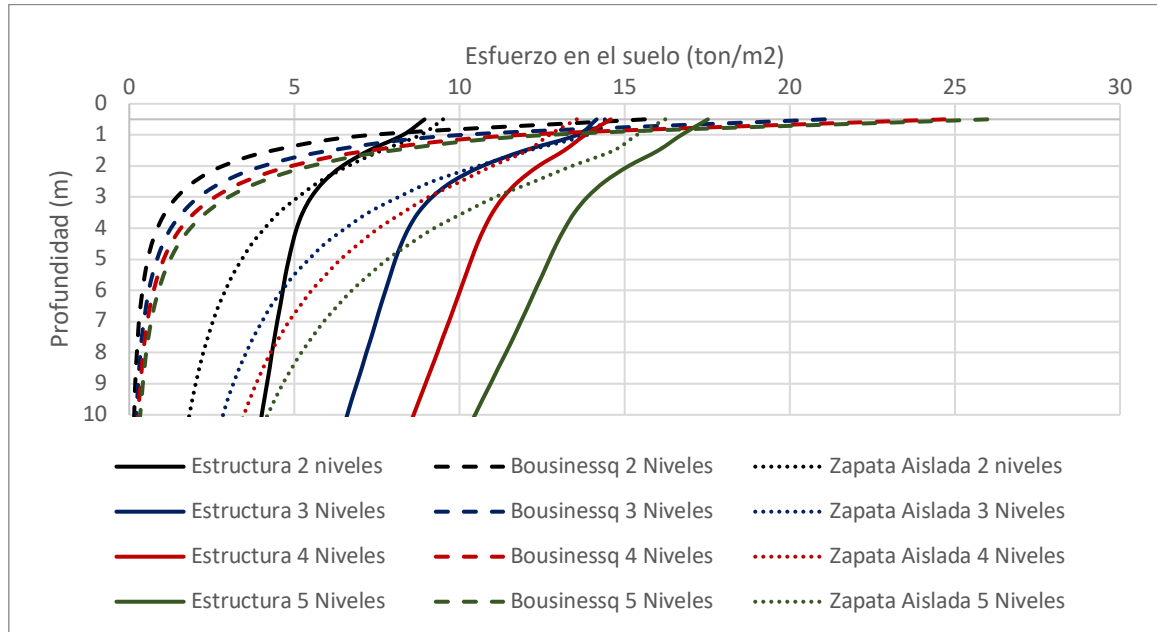
3. Resultados

3.1 Esfuerzos en el suelo

Se compara los cálculos teóricos con los resultados obtenidos mediante software comercial, donde finalmente analizaremos 3 casos:

- Esfuerzos en el suelo por el método de Boussinesq. Siendo este el cálculo teórico.
- Esfuerzos en el suelo bajo una zapata, en la cual estará incluida la superestructura completa
- Esfuerzos en el suelo bajo una zapata aislada, a la cual se le aplica la carga correspondiente al número de niveles analizado.

Figura 13. Comparación de esfuerzos en el suelo para modelos de distintos niveles.



3.2 Cargas axiales

La distribución de cargas axiales nos permite visualizar como se distribuye el edificio los esfuerzos, pudiendo así generar comparaciones.

Figura 14. Elementos analizados para cargas axiales y momentos.

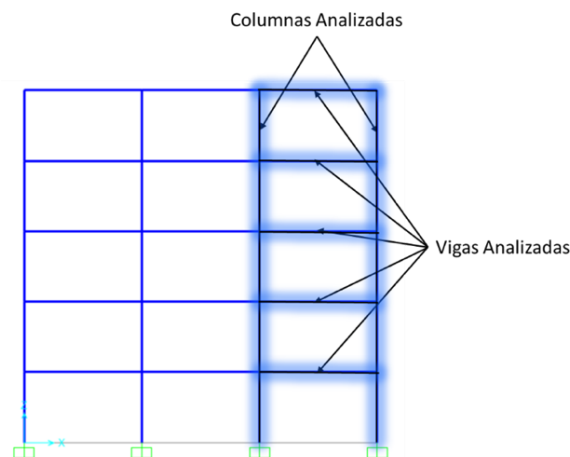


Figura 15. Diagrama de cargas axiales para la condición de empotramiento

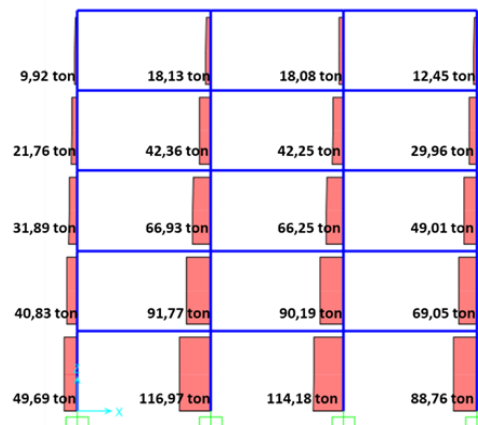


Figura 16. Diagrama de cargas axiales para la condición CSSEF

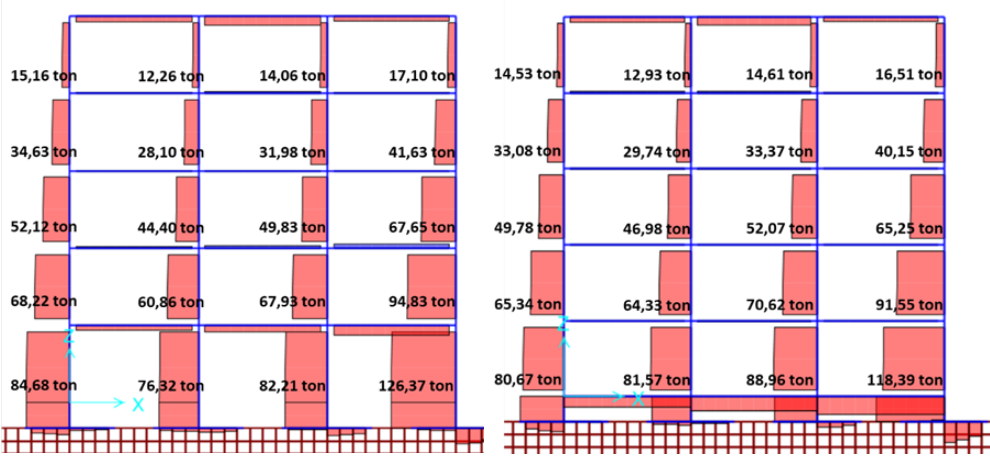


Figura 17. Diagrama de cargas axiales para la condición de Resortes

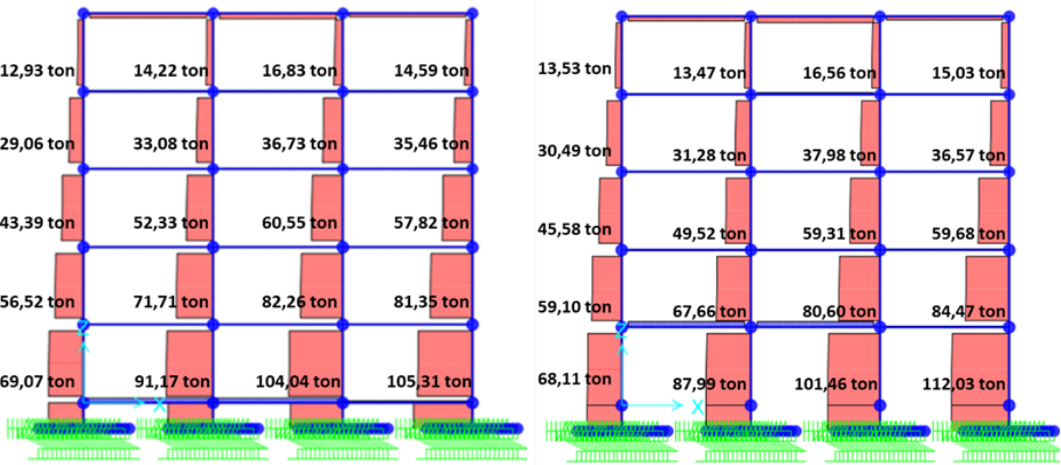


Figura 18. Cargas axiales en columnas para 2 niveles

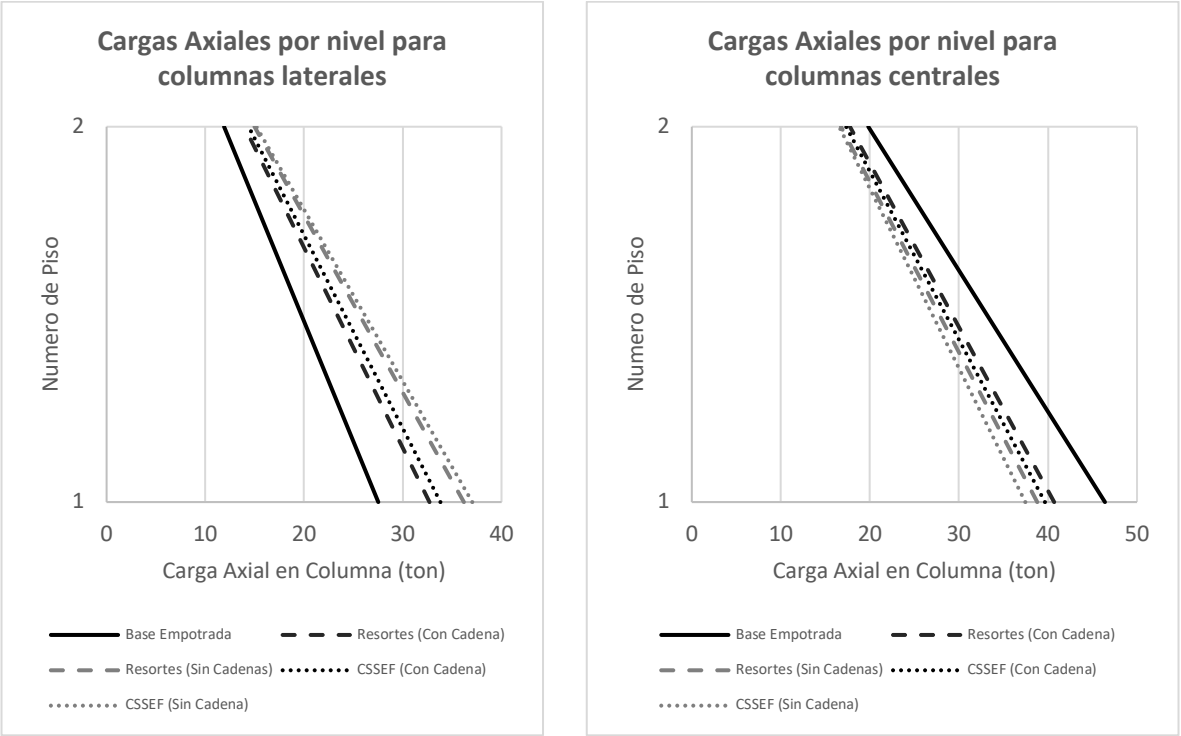


Figura 19. Cargas axiales en columnas para 3 niveles

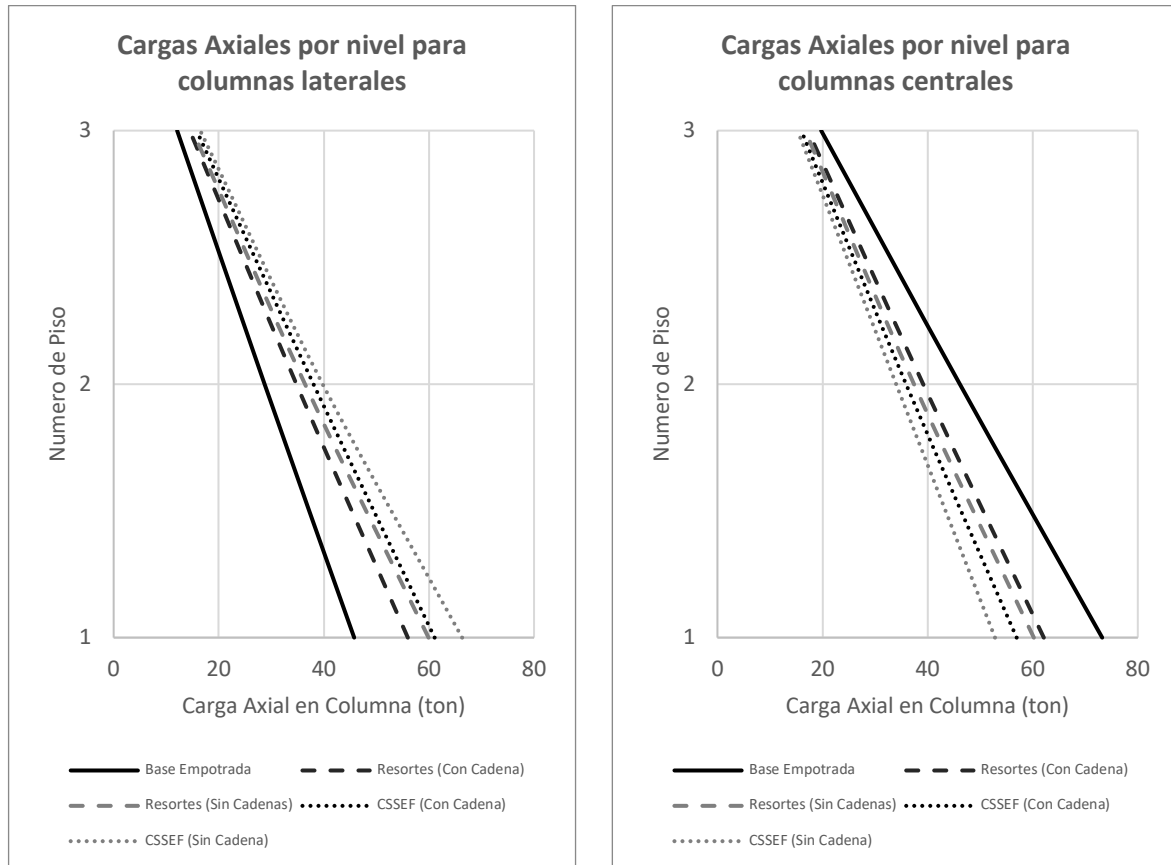


Figura 20. Cargas axiales en columnas para 4 niveles

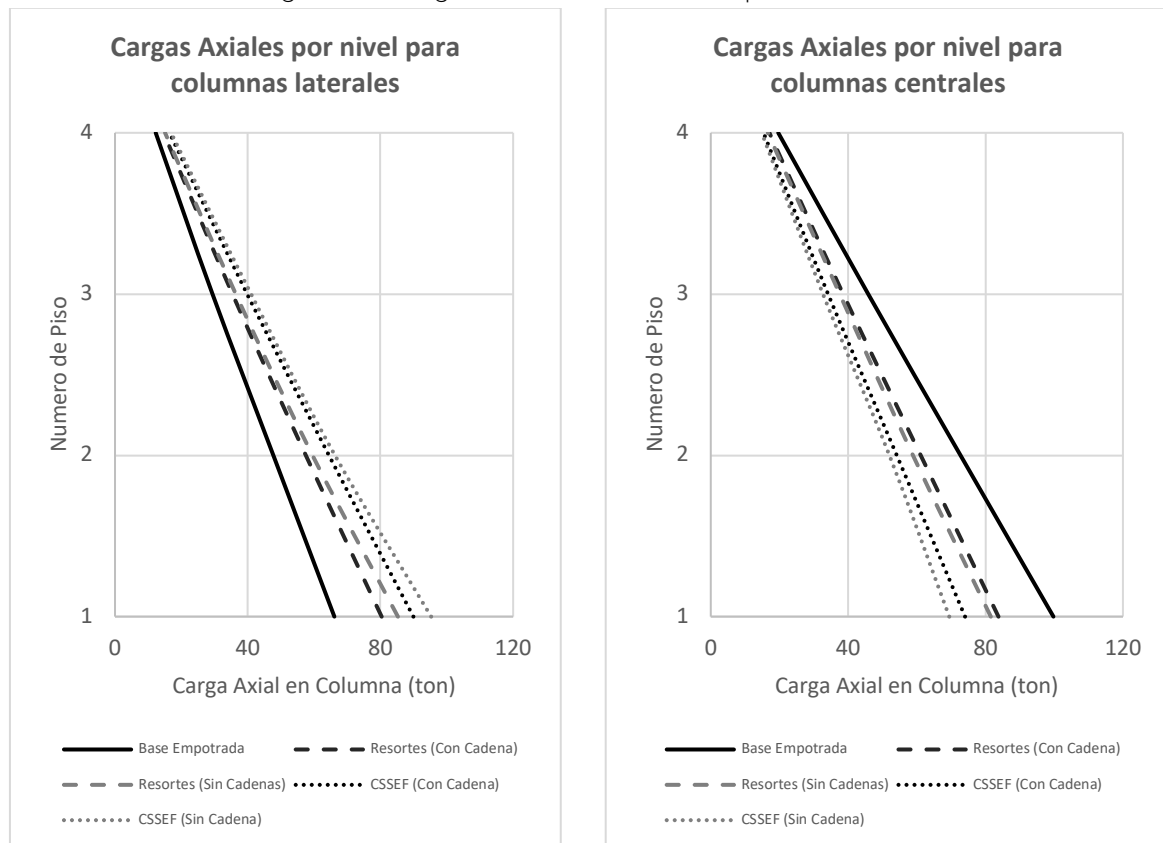
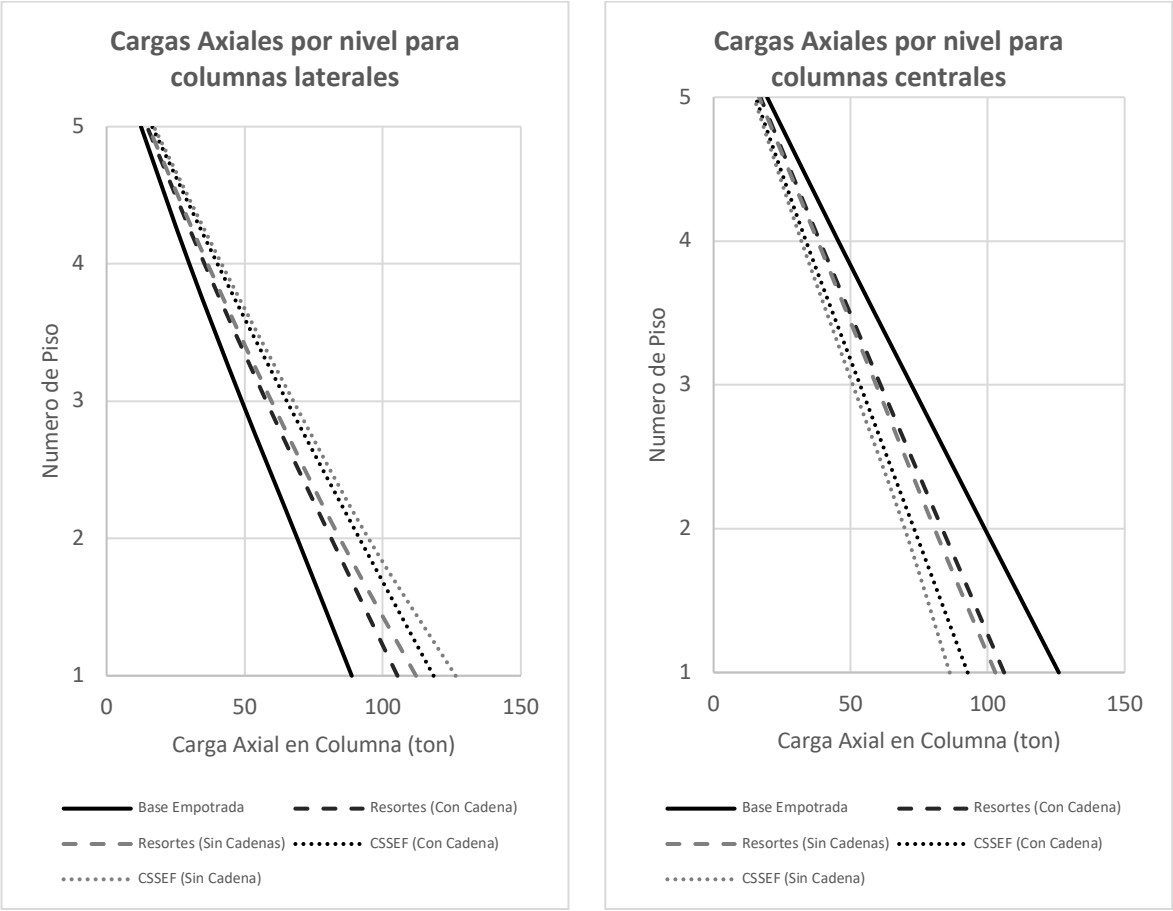


Figura 21. Cargas axiales en columnas para 5 niveles



3.3 Momentos

El cálculo de momentos es fundamental para el diseño de una estructura, pues nos permite saber las demandas lo cual nos ayuda a determinar las secciones necesarias para resistir estas sollicitaciones.

Figura 22. Diagrama de momentos para la condición de empotramiento.

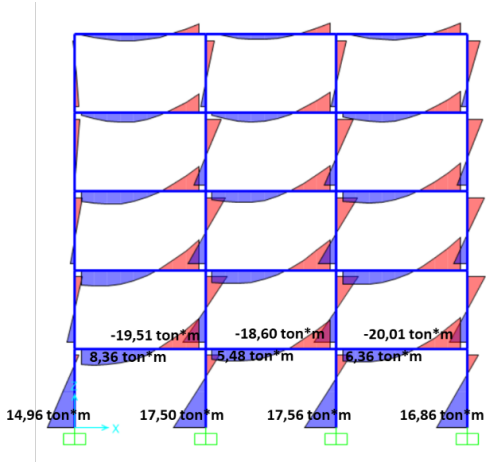


Figura 23. Diagrama de momentos para la condición CSSEF.

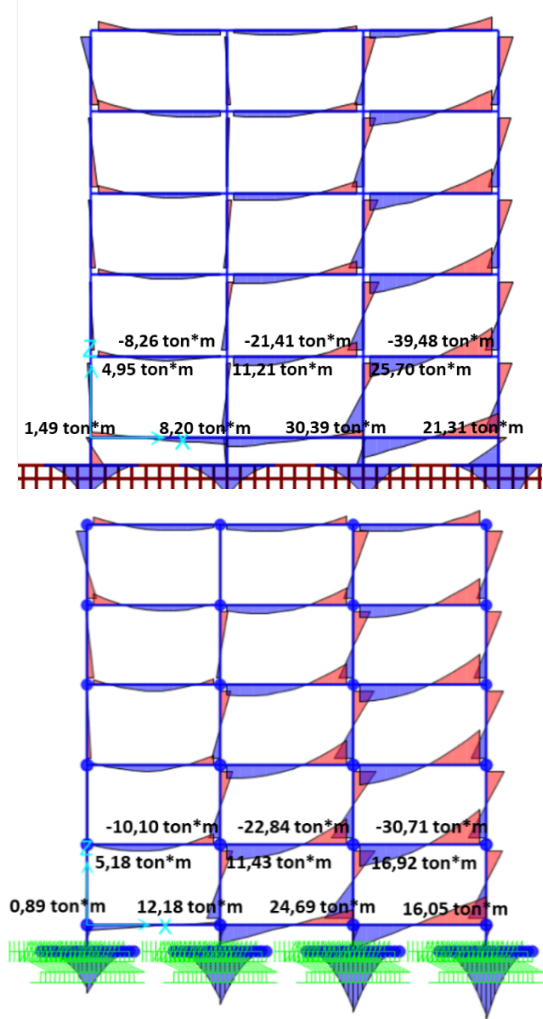


Figura 24. Diagramas de momentos para la condición de resortes.

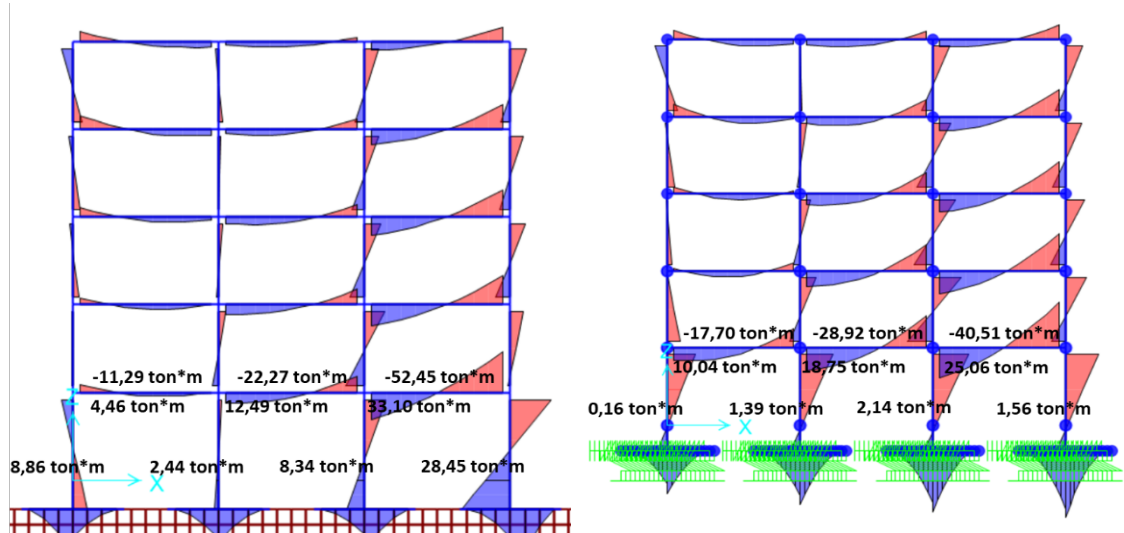


Figura 25. Momentos Máximos columnas y vigas para 2 niveles

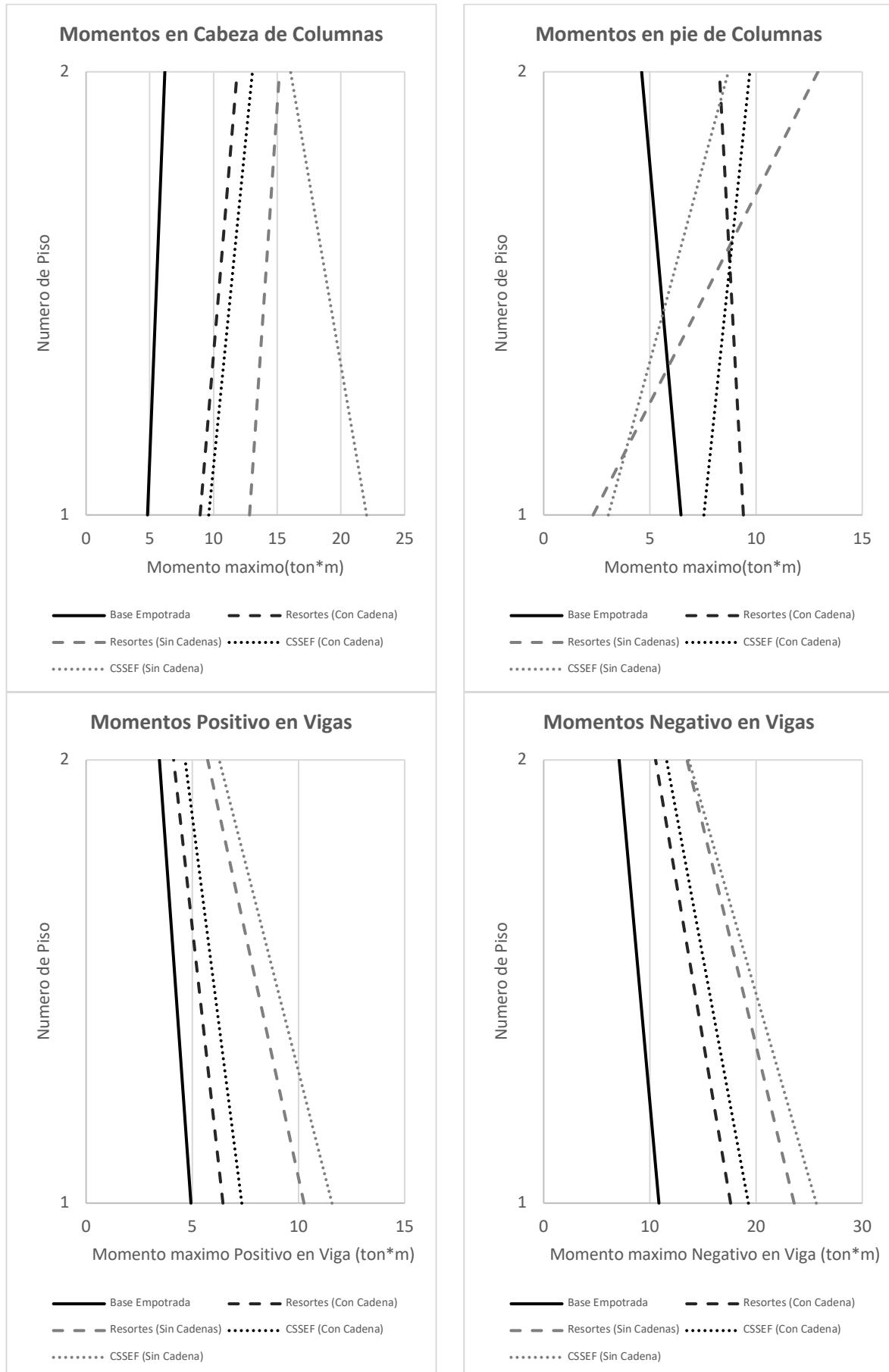


Figura 26. Momentos máximos en columnas y vigas para 3 niveles

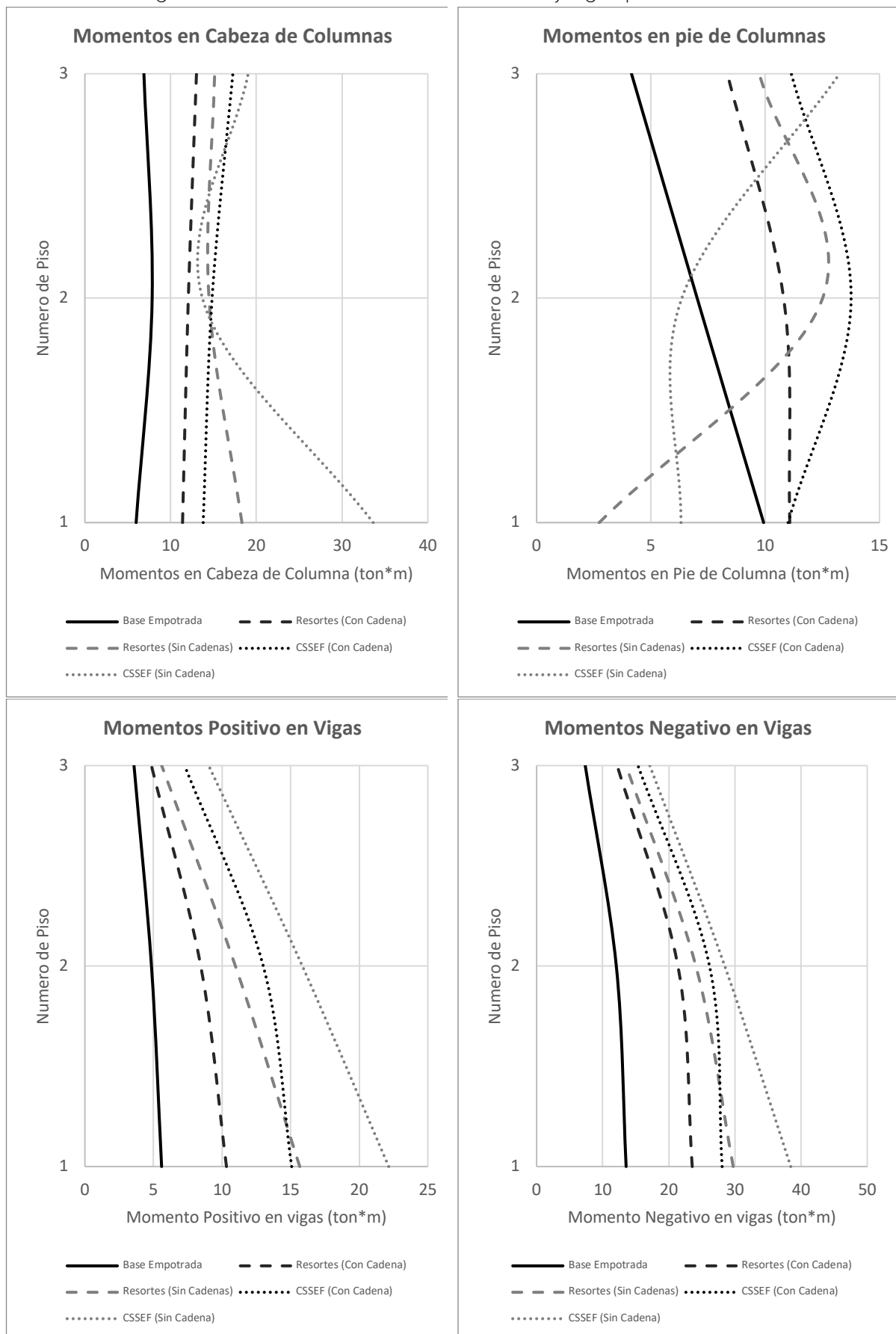


Figura 27. Momentos máximos en vigas y columnas para 4 niveles

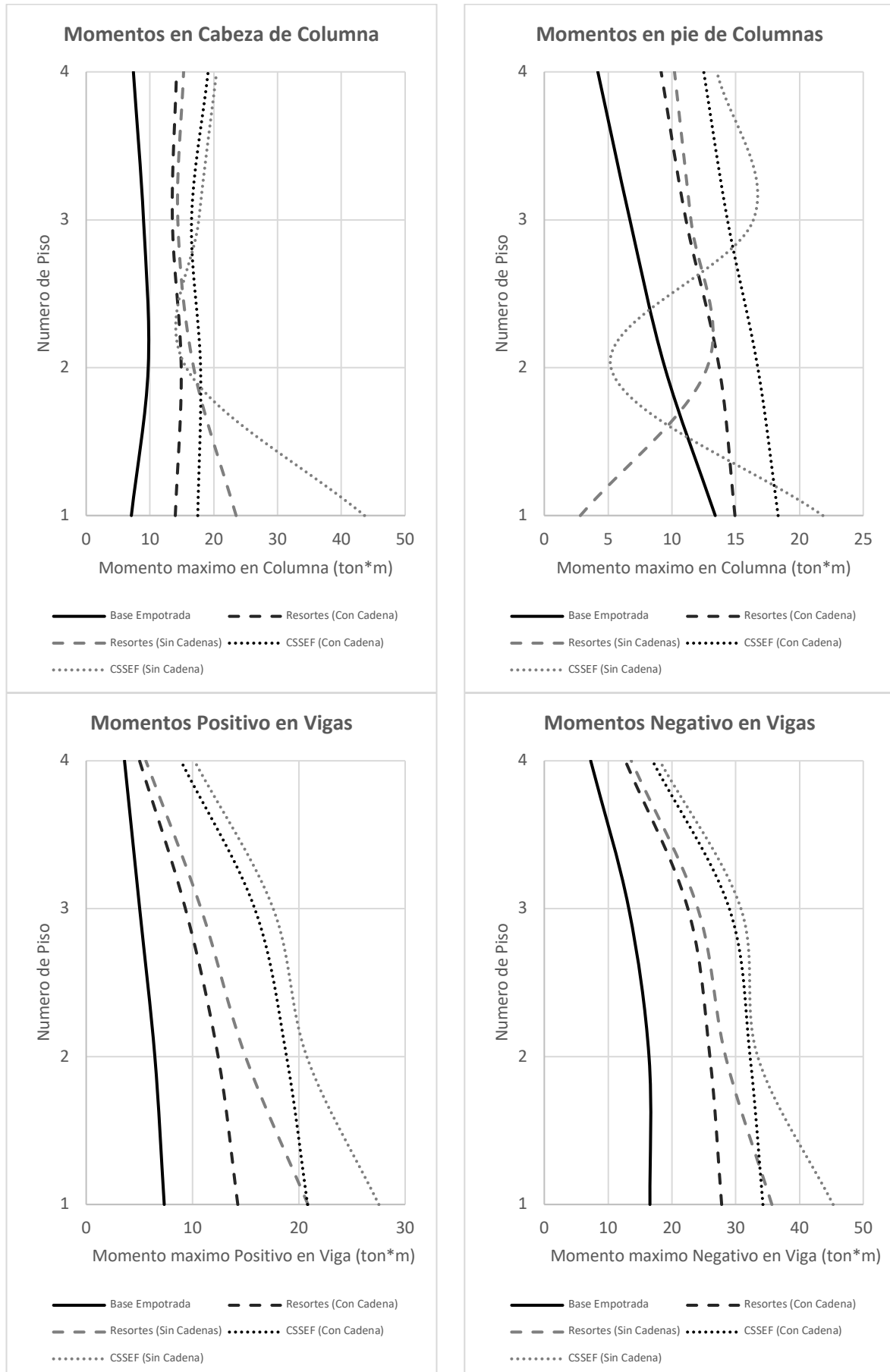
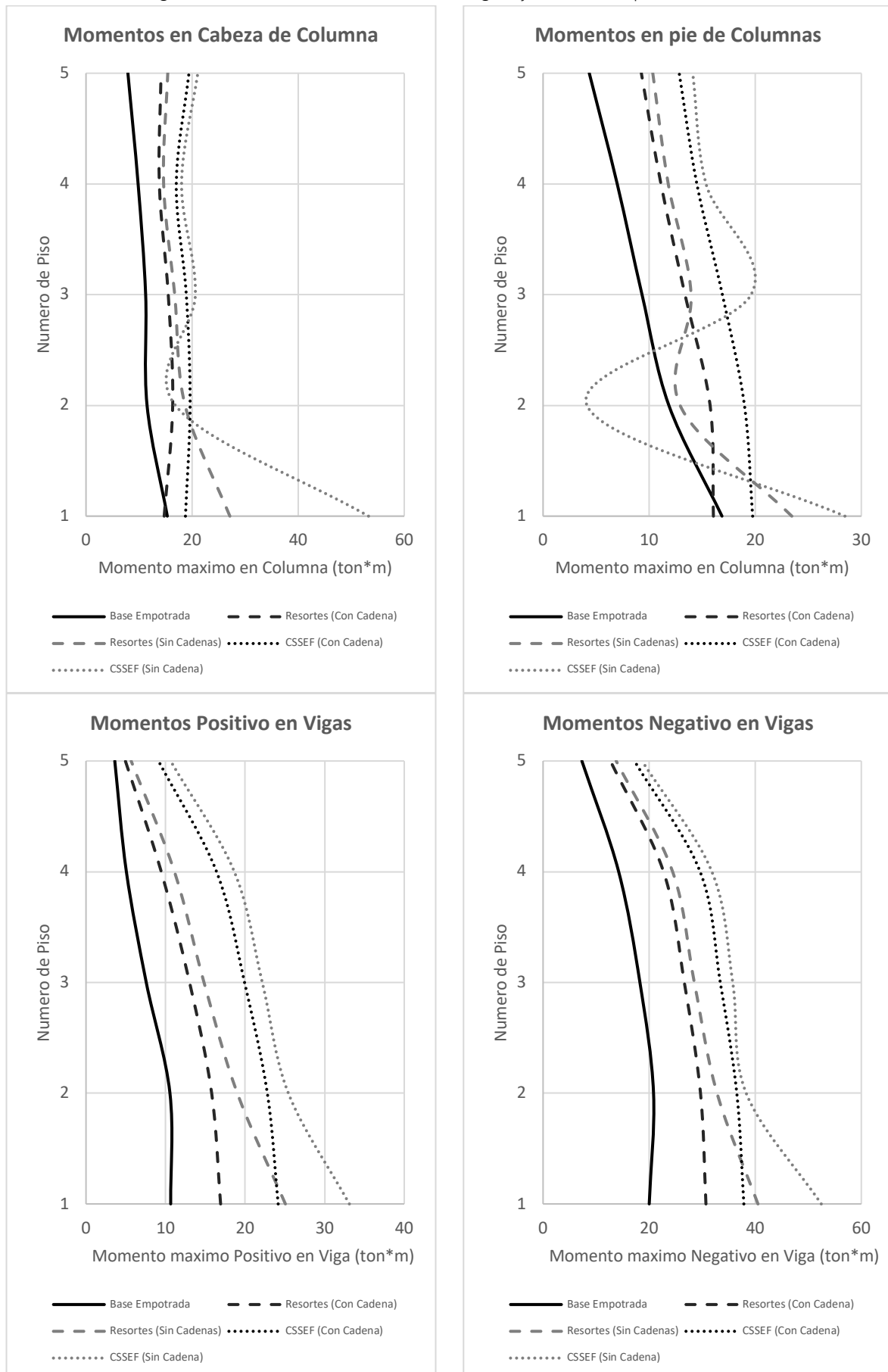


Figura 28. Momentos máximos en vigas y columnas para 5 niveles



4. Discusión

Con la Figura 9 deducimos que utilizar empotramiento o resortes, o incluso apoyos simples, como condición de borde para el suelo modelado en elementos finitos, dan resultados muy similares en cuanto a los esfuerzos reflejados ante cargas lineales.

De la Figura 10 podemos entender que la profundidad optima a la que debemos modelar un suelo para que sus efectos no interfieran a los resultados globales debe ser de al menos 10 veces el ancho del elemento utilizado como cimentación, esto se puede apreciar en las Figura 11 y Figura 12.

En la Figura 13 los esfuerzos en el suelo, a mayor sea la profundidad, se puede observar que hay interacción con los elementos aledaños, pues en una zapata aislada los esfuerzos decaen de manera progresiva mientras que con la estructura completa con todas las zapatas el decaimiento no es tan progresivo.

Con las Figura 17, Figura 18, Figura 19, Figura 20 y Figura 21 notamos que, ante eventualidades sísmicas, tanto los resortes como el elemento Shell, hace que la distribución de cargas sea mayor hacia las columnas exteriores, mientras que el empotramiento mantiene una distribución uniforme.

Consistentemente con lo anterior, en Figura 24, Figura 25, Figura 26, Figura 27 y Figura 28, las demandas se acumulan en las columnas y vigas exteriores, tanto en los modelos de resortes como elementos Shell, de igual manera el empotramiento mantiene un comportamiento más uniforme. En estas mismas figuras podemos observar el comportamiento que proveen las cadenas de amarre respecto a las demandas, donde notamos que, cuando estas se eliminan, se presentan mayores esfuerzos en los elementos aledaños a las mismas.

5. Conclusión

El efecto que tiene las cadenas de amarre a nivel de contrapiso es el de reducir las demandas sísmicas, sobre todo en los primeros niveles, este efecto se masifica conforme aumenta la cantidad de niveles en la estructura.

El comportamiento entre utilizar resortes o utilizar CSSEF para simular el comportamiento del suelo es muy similar, mientras que utilizar empotramientos genera un comportamiento diferente, por lo que podemos confirmar que utilizar resortes es una buena aproximación para simular la interacción suelo estructura.

Los esfuerzos en el suelo bajo una zapata se ven afectados por las cargas que se producen por elementos aledaños, este efecto se masifica a mayor profundidad, por lo que afirmamos que el suelo bajo una cimentación sufre esfuerzos causados por cimentaciones aledañas.

Los efectos sísmicos generan que los esfuerzos de mayor demanda se concentren en los elementos exteriores, este efecto se muestra de mejor manera al utilizar resortes o CSSEF, mientras que al utilizar empotramientos los esfuerzos producidos por demandas sísmicas se concentran en los elementos internos.

La profundidad y el ancho del CSMEF, afecta directamente a los esfuerzos, la Figura 10 nos indica dimensiones aproximadas donde el esfuerzo va a desarrollarse plenamente, estas dimensiones son las mínimas que deberán proveerse en modelos CSMEF para que los esfuerzos no presenten datos que puedan interpretarse como erróneos como se aprecia en las Figura 11 y Figura 12.

Contribución de autores: Todos los autores han contribuido sustancialmente en la elaboración del trabajo.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

- [1] N. A. López M., G. E. Pérez M., C. F. Castro P., J. C. Vielma P., L. J. López M., J. D. Alviar M., C. A. Romero R., D. P. Guerrero C. y V. V. Montesinos M., «A Structural Designs Comparison Between Two Reinforced Concrete Regular 6-Level Buildings using Soil-Structure Interaction in Linear Range,» *Ingeniería e Investigación*, vol. 42, 2022.
- [2] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, «NEC-SE-VIVIENDA,» Dirección de Comunicación Social, MIDUVI, Quito, 2014.
- [3] C. F. León y D. W. Narvaez, «Estudio Experimental de la Cadena de Amarre,» Quito, 2009.
- [4] F. H. Araca Llanos, L. Gómez Catacora, A. Cahui Galarza y G. Marín Mamani, «Influencia de la interacción suelo-estructura en el comportamiento de las viviendas aporticadas con zapatas aisladas en la ciudad de Juliaca,» *Revista Científica de la UCSA*, vol. 7, nº 2, pp. 70-81, 2020.
- [5] F. Benedetti, F. Zuñiga y A. Opazo, «Efecto de la variabilidad de la rigidez del sitio de fundación en el desempeño sísmico,» *Obras y Proyectos*, pp. 31-41, 2017.
- [6] V. Anand y S. S. Kumar, «Seismic soil-structure interaction: a state of the art review,» de *Structures*, 2018.
- [7] G. A. Villareal Castro, M. A. Cerna Vasquez y C. U. Espinoza Torres, «INTERACCION SISMICA SUELO-ESTRUCTURA EN EDIFICACIONES CON MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA SOBRE PLATEAS DE CIMENTACION,» *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, vol. 26, nº 1, pp. 153-178, 2021.
- [8] L. R. Fernández-Sola, L. F. Hernández-Rodríguez, C. E. Loeza-Pérez y O. M. González-Cuevas, «Acciones de diseño en cimentaciones en edificios de concreto reforzado con comportamiento inelástico,» *Ingeniería Sísmica*, pp. 32-50, 2020.
- [9] W. Rodríguez Serquén, «Determinación de esfuerzos en una masa de suelo, usando software de estructuras, y su comparación con el método clásico de la teoría de Boussinesq,» *Artículo Científico*, vol. 1, nº 1, 2020.
- [10] G. B. Sowers y G. F. Sowers, *Introductory Soil Mechanics and Foundations*, 4 ed., Michigan: Macmillan, 1972.
- [11] K. V. Terzaghi, «Evaluation of Coefficient of Subgrade Reaction,» 1995.



© 2024 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 musicoterapia para estimular el lenguaje y el desarrollo cognitivo de los niños de 3 a 4 años del subnivel 1 de la unidad educativa Cascales.

Suárez Avila Verónica Elizabeth ¹  Jebin Marcela Lombeida Guevara ¹  García Avila Julissa Trinidad ¹ 
Villagomez García Edwin Rafael ¹  Vásquez de la Bandera Cabezas Fabricio Alejandro ¹ 

¹ Instituto Superior Tecnológico Martha Bucaram de Roldós, Nueva Loja, Ecuador.



Correspondencia: vsuarezavila@gmail.com



+ 5930961955077

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj73186>

Resumen: El artículo aborda la importancia del desarrollo infantil temprano, especialmente entre los 0 y 5 años, etapa en la que el cerebro experimenta un crecimiento acelerado. Destaca que la música, como herramienta terapéutica, favorece el desarrollo cognitivo, emocional y social de los niños, activando diversas áreas cerebrales responsables del lenguaje, la memoria y la motricidad. En el contexto de la pandemia, que limitó la interacción social y educativa, la musicoterapia se presenta como una alternativa para estimular el desarrollo infantil. El estudio se centró en niños de 3 a 4 años de la Unidad Educativa Cascales, en Ecuador, evaluando su desarrollo cognitivo y lingüístico. Los resultados mostraron una prevalencia de dificultades cognitivas, sugiriendo la necesidad de intervenciones específicas. En respuesta, se diseñó una guía musicoterapéutica para fortalecer estas áreas, utilizando canciones infantiles y actividades lúdicas basadas en el método Suzuki, involucrando a los padres en el proceso de aprendizaje.

Palabras claves: Musicoterapia; desarrollo infantil; estimulación temprana

Music therapy to stimulate language and cognitive development in children from 3 to 4 years of age in sub-level 1 of the Cascales educational unit.

Abstract: The article discusses the importance of early childhood development, especially between 0 and 5 years of age, a stage in which the brain undergoes accelerated growth. It highlights that music, as a therapeutic tool, favors the cognitive, emotional and social development of children, activating several brain areas responsible for language, memory and motor skills. In the context of the pandemic, which limited social and educational interaction, music therapy is presented as an alternative to stimulate child development. The study focused on children from 3 to 4 years old from the Cascales Educational Unit, in Ecuador, evaluating their cognitive and linguistic development. The results showed a prevalence of cognitive difficulties, suggesting the need for specific interventions. In response, a music therapy guide was designed to strengthen these areas, using children's songs and play activities based on the Suzuki method, involving parents in the learning process.



Check for
updates

Cita: Suárez Avila, E. V., Lombeida Guevara, J. M., García Avila, J. T., Villagomez García, E. R., Vásquez de la Bandera Cabezas, F. A., & Lombeida Guevara, J. M. (2024). La musicoterapia para estimular el lenguaje y el desarrollo cognitivo de los niños de 3 a 4 años del subnivel 1 de la unidad educativa Cascales. Green World Journal, 07(03), 186.

<https://doi.org/10.53313/gwj73186>

Received: 30/October/2024

Accepted: 26/November/2024

Published: 28/November/2024

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.

Keywords: Music therapy; early childhood development; early stimulation

1. Introducción

En el contexto global actual, donde el desarrollo infantil es un pilar fundamental para construir sociedades más equitativas y sostenibles, la educación y la salud de los niños en sus primeros años de vida adquieren una relevancia prioritaria [1]. La primera infancia, comprendida entre los 0 y 5 años, es una etapa crucial en la que el cerebro experimenta un desarrollo acelerado, y cualquier estimulación adecuada puede tener un impacto significativo en su desarrollo cognitivo, emocional y social. Dentro de estas estrategias de estimulación, la música ha surgido como una herramienta poderosa que, a través de sus elementos melódicos, rítmicos y líricos, potencia múltiples habilidades en los niños [2].

Estudios recientes en neurociencia y psicopedagogía destacan cómo la música actúa como un catalizador para la activación cerebral. Según investigaciones de Patel (2008), la música no solo involucra el sistema auditivo, sino también áreas del cerebro responsables del lenguaje, la memoria, la atención y la motricidad [3]. Esto convierte a la estimulación musical en una estrategia ideal para el desarrollo integral, especialmente en la etapa preescolar, donde los niños comienzan a estructurar su pensamiento lógico, su lenguaje y su capacidad de socializar con el entorno [4].

Sin embargo, eventos como la pandemia de COVID-19 han generado profundas consecuencias en el desarrollo infantil, exacerbando desigualdades en el acceso a recursos educativos y limitando la interacción social, un componente esencial para el aprendizaje en estas edades [3]. En Ecuador, y específicamente en la Unidad Educativa Cascales, provincia de Sucumbíos, 52 niños en edad preescolar enfrentaron estas dificultades debido a la ausencia de actividades presenciales y la falta de interacción con sus pares. Estas restricciones afectarán el desarrollo lingüístico y cognitivo, dificultando la adquisición de vocabulario, la correcta pronunciación y la expresión verbal espontánea, según lo evidenciado en evaluaciones internas del centro educativo [5].

En este contexto, la musicoterapia surge como una alternativa innovadora y efectiva. Definida como el uso terapéutico de la música y sus elementos (ritmo, melodía, armonía) para alcanzar objetivos específicos en áreas como el desarrollo cognitivo, físico, emocional y social (American Music Therapy Association, 2023), esta disciplina ha ganado terreno tanto en ámbitos educativos como médicos [6]. La incorporación de actividades lúdicas como el canto, los movimientos corporales y la manipulación de instrumentos musicales no solo mejora el aprendizaje y la creatividad, sino que también fomenta la socialización y la confianza en los niños [5]. Un estudio de Gabriel (2016) sobre la estimulación musical en el desarrollo fonológico de niños preescolares concluyó que actividades como la entonación de canciones y la reproducción de ritmos simples permiten una mayor fluidez verbal y enriquecen el vocabulario de los participantes [7].

Además, la aplicación de la musicoterapia no se limita al ámbito educativo. En el sector de la salud, su impacto ha sido reconocido en entornos como hospitales, consultorios y centros de atención primaria, donde se utiliza para aliviar el estrés, mejorar la calidad de vida y potenciar la recuperación integral de pacientes. Esto refuerza su versatilidad y eficacia como herramienta de intervención en diferentes contextos [8,9].

Frente a las limitaciones generadas por el aislamiento social y la ausencia de interacción presencial durante la pandemia, se hace imperativo diseñar estrategias que promuevan el desarrollo infantil desde enfoques multidimensionales [10]. Por ello, esta investigación propone como objetivo principal el diseño de una guía musicoterapéutica para niños de 3 a 4 años [11]. Esta guía, basada en canciones infantiles y actividades adaptadas a su edad, busca fortalecer el lenguaje y las habilidades cognitivas de los niños mediante una metodología lúdica, creativa e inclusiva [12,13].

El desarrollo de esta guía se enmarca dentro de los lineamientos éticos establecidos por el Comité de Bioética de la Universidad Técnica de Ambato, asegurando la confidencialidad de los datos y resultados, así como el respeto al libre albedrío de los participantes [14,15]. Asimismo, se alinea con la línea de investigación sobre Atención Integral en Salud, según la resolución CP-FCS-062-2017, destacando su contribución al bienestar de los preescolares afectados por las restricciones pandémicas [16,17].

En conclusión, esta propuesta no solo responde a las necesidades específicas de los niños afectados por la pandemia, sino que también pone de manifiesto el potencial transformador de la música en la primera infancia [18,19]. Al utilizar elementos lúdicos y musicales, esta guía busca aportar al desarrollo integral de los niños, preparándolos para enfrentar los desafíos cognitivos, lingüísticos y sociales de manera más efectiva [20,21].

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

La investigación se desarrolló en la Unidad Educativa Cascales, específicamente en el bloque correspondiente a los niveles Inicial I y II, situado en el barrio "2 de Agosto" de la ciudad de Cascales, provincia de Sucumbíos, Ecuador. Este centro educativo se encuentra en la intersección de las calles Leopoldo Lucero, "2 de agosto" y "12 de febrero" [22].

El cantón Cascales, con una población estimada de 11.104 habitantes, está conformado por una parroquia urbana, "El Dorado de Cascales", que es la cabecera cantonal, y tres parroquias rurales: "Santa Rosa de Sucumbíos", "Sevilla" y "La Troncal". Geográficamente, limita al norte con la frontera de Colombia, al sur con la provincia de Orellana, al este con el cantón Lago Agrio y al oeste con los cantones Sucumbíos y Gonzalo Pizarro (GAD Municipal de Cascales, 2022).

2.2 Métodos

En esta investigación se utilizaron instrumentos como el "Inventario de Desarrollo Battelle - Prueba de Screening" y la "Escala Abreviada de Desarrollo - Nelson Ortiz", junto con materiales como juguetes, instrumentos musicales reciclados y software SPSS, para evaluar el desarrollo cognitivo y del lenguaje en niños de 3 a 4 años de la Unidad Educativa Cascales. El estudio, de enfoque descriptivo y cuantitativo, se centra en identificar criterios para diseñar una guía musicoterapéutica. La recolección de datos se realizó con la participación de niños cuyos padres firmaron el consentimiento informado, respetando criterios bioéticos y siguiendo protocolos aprobados por el Comité de Bioética [23].

Durante 1 mes y 15 días, se evaluaron habilidades cognitivas y lingüísticas mediante herramientas validadas como el Inventario Battelle y la Escala Nelson Ortiz, cuyos resultados fueron compartidos con padres y docentes. Las evaluaciones permitieron identificar niveles de desarrollo, y con base en ellas se diseñó una guía musicoterapéutica que incluyó canciones infantiles alineadas a los ítems evaluados, apoyándose en el "Método Suzuki" para fomentar el desarrollo de los niños. La confidencialidad de los datos y el bienestar de los participantes fueron garantizados durante todo el tiempo.

3. Resultados

3.1. Estadística

El desarrollo infantil temprano es un período crítico que establece las bases para el bienestar físico, cognitivo y social de los niños. La comprensión de las características demográficas y de edad de una población infantil puede ofrecer información valiosa para diseñar estrategias de intervención efectivas, especialmente en áreas como el desarrollo cognitivo y del lenguaje. En este contexto, el presente estudio se centró en analizar las características sociodemográficas de los niños de 3 a 4 años pertenecientes a la Unidad Educativa Cascales, con el fin de proporcionar un enfoque detallado y contextualizado para abordar sus necesidades.

Los resultados iniciales, que incluyen la media de edad de los niños (49,59 meses con una desviación estándar de 5,49) y la distribución por género (con una razón de 0,93 mujeres por cada hombre), son fundamentales para entender la composición del grupo estudiado. Esta información demográfica no solo describe la población objetivo, sino que también sustenta las decisiones metodológicas y permite contextualizar los hallazgos de la investigación en el marco de las diferencias individuales, abriendo camino para propuestas de intervención como la guía musicoterapéutica planteada.

Tabla 1. Caracterización demográfica de 52 niños de la Unidad Educativa Cascales.

Característica demográfica	Mínimo : Máximo	Media (DS)
Edad en meses	39 – 58	49.54 (5,49)
Sexo	Número	Porcentaje
Hombre	25	48,1
Mujer	27	51,9
Total	52	100,0

El desarrollo del lenguaje y el desarrollo cognitivo son dos áreas fundamentales en el crecimiento integral de los niños durante la etapa preescolar. Identificar los niveles de desarrollo en estas áreas no permite solo comprender el progreso individual de los niños, sino también diseñar estrategias educativas y terapéuticas específicas que favorezcan su avance. En este sentido, la presente investigación evaluó a niños y niñas de la Unidad Educativa Cascales para determinar su estado en estas dimensiones, utilizando herramientas estandarizadas que valoran su desempeño frente a indicadores normativos.

Los resultados obtenidos revelan que el 96,1% de los niños y niñas presentan un desarrollo del lenguaje dentro de un rango "normal", mientras que el 3,8% se encuentran en nivel de "alerta", lo que sugiere una necesidad de en este pequeño grupo de atención. En contraste, el desarrollo cognitivo mostró una mayor proporción de dificultades, con un 84,6% de "no superado" frente a un 15,4% que alcanzó un nivel de "superado". Estos hallazgos evidencian la necesidad de implementar estrategias de intervención dirigidas a fortalecer el desarrollo cognitivo, mientras se continúa potenciando el lenguaje en los niños de esta.

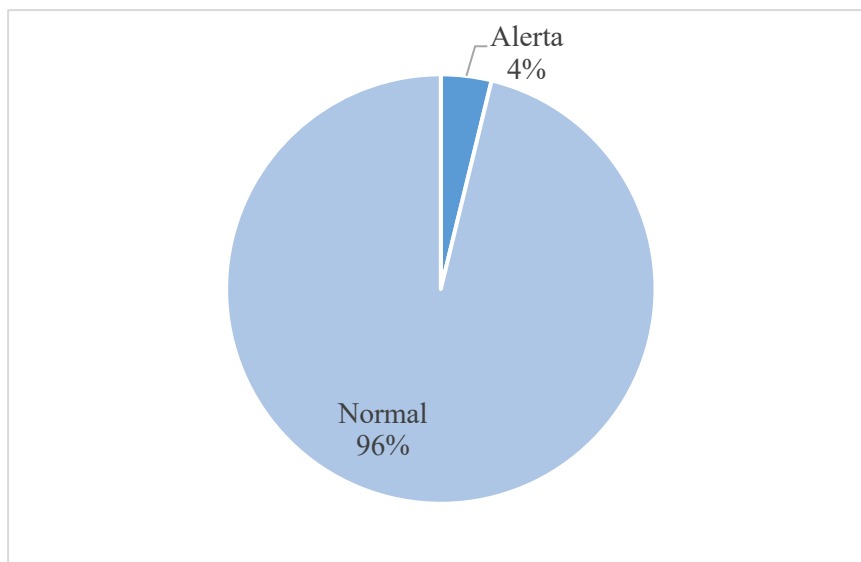
Tabla 2. Desarrollo del lenguaje y el desarrollo cognitivo en 52 niños de la Unidad Educativa Cascales.

Desarrollo del Lenguaje	Número	Porcentaje
Alerta	2	3,8
Medio	45	86,5
Medio Alto	5	9,6

Alto	0	0
Total	52	100
Desarrollo Cognitivo	Número	Porcentaje
Superado	8	15,4
No superado	44	84,6
Total	52	100

El gráfico presentado en esta investigación refleja que un 4% de los niños y niñas se encuentran en el nivel de “alerta” en su desarrollo del lenguaje, lo que señala la existencia de una proporción reducida de menores que requieren atención específica para evitar que estas dificultades puedan progresar. Estos resultados refuerzan la importancia de realizar un monitoreo continuo y de aplicar programas de estimulación temprana que garanticen el desarrollo.

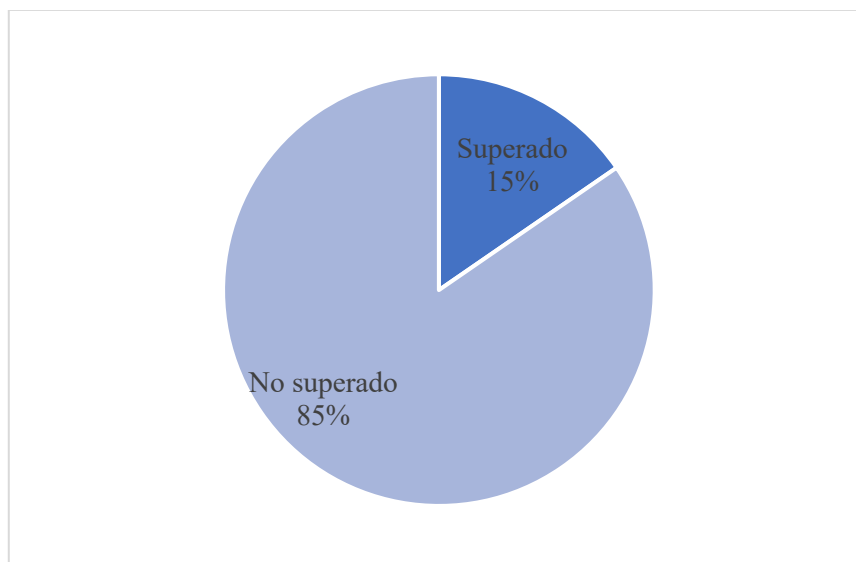
Figura 1. Frecuencia de “Alerta” en el Desarrollo del Lenguaje en 52 niños de la Unidad Educativa



El desarrollo cognitivo en los niños es un indicador fundamental de su capacidad para comprender el mundo, resolver problemas y adaptarse a diferentes situaciones. La evaluación de este aspecto permite identificar áreas de oportunidad para mejorar el aprendizaje y la interacción social desde una edad temprana. En este sentido, los resultados obtenidos en la investigación sobre el desarrollo cognitivo de los niños de la Unidad Educativa Cascales son cruciales para orientar futuras intervenciones pedagógicas.

El gráfico mostrado en este estudio revela que el 85% de los niños y niñas se encuentran en el nivel de "no superado" en su desarrollo cognitivo, lo que indica que la mayoría presenta áreas de rezago que podrían afectar su desempeño académico y social. Esta alta frecuencia subraya la necesidad de una intervención dirigida a mejorar las habilidades cognitivas de los niños, garantizando que se utilicen estrategias educativas personalizadas que apoyen su desarrollo y contribuyan a superar este nivel de dificultades.

Figura 2. Frecuencia del “No Superado” del Desarrollo Cognitivo en 52 niños de la Unidad Educativa



3.2. Guía musicoterapéutico para impulsar el lenguaje

La Guía Musicoterapéutica está diseñada para promover el desarrollo del lenguaje y cognitivo en niños de 3 a 4 años, utilizando la musicoterapia como herramienta principal. El objetivo general de esta guía es fortalecer el lenguaje y el desarrollo cognitivo, mientras que los objetivos específicos incluyen ampliar el vocabulario, desarrollar la psicomotricidad y mejorar la percepción espacial de los niños.

Basada en el método Suzuki, la guía subraya la importancia de la audición, la imitación y la repetición en el aprendizaje temprano, además del papel fundamental que juegan los padres como guías en el proceso. Se enfatiza la necesidad de que los niños se familiaricen y se sientan cómodos con los instrumentos antes de avanzar a la lectura musical, promoviendo un aprendizaje tanto individual como grupal.

La guía se estructura en varias secciones, comenzando con una introducción sobre su creación y objetivos, y continúa con estrategias específicas de intervención. Incluye una serie de canciones infantiles relacionadas con los ítems de desarrollo de las herramientas evaluativas “Inventario de Desarrollo Battelle” y “Escala Abreviada de Desarrollo – Nelson Ortiz”, que cubren aspectos clave del desarrollo entre los 3 y 4 años. Además, ofrece diversas estrategias terapéuticas, como el uso de entonaciones musicales, la correcta postura corporal para mejorar la articulación, y la integración de instrumentos musicales y medios audiovisuales para enriquecer las sesiones.

Las intervenciones se dividen en tres partes: apertura, desarrollo y cierre. En la apertura, se utilizan melodías lúdicas de bienvenida para introducir las canciones; en el desarrollo, los niños participan en movimientos corporales y manipulaciones de instrumentos; y en el cierre, se lleva a cabo una lluvia de preguntas en la que los niños responden a través de canciones y movimientos. Para una correcta evaluación del impacto de la guía, se recomienda realizar una preevaluación y una postevaluación utilizando los inventarios de desarrollo mencionados. La aplicación de la guía es adecuada para aulas de clase y sesiones terapéuticas, con un enfoque en niños con dificultades en el lenguaje y el desarrollo cognitivo.

4. Discusión

Esta investigación tuvo como objetivo establecer el nivel de lenguaje y desarrollo cognitivo en niños de 3 a 4 años de la Unidad Educativa Cascales, con el fin de identificar criterios para la creación de una guía musicoterapéutica. Los resultados mostraron que la edad promedio de los niños evaluados fue de 49,59 meses, con un desvío estándar de 5,49. Además, la muestra estuvo compuesta principalmente por mujeres, con una proporción de 0,93 mujeres por cada hombre (93/100). En cuanto al desarrollo del lenguaje, el 96,1% de los niños presentó un nivel "normal", mientras que solo el 3,8% fue clasificado en "alerta", lo que refleja una frecuencia del 4% en "alerta". En cuanto al desarrollo cognitivo, el 84,6% de los niños no superaron el nivel esperado, mientras que el 15,4% alcanzó el nivel "superado", resultando en una frecuencia del 85% en el nivel "no superado".

A pesar de la falta de estudios similares en Ecuador sobre el impacto de la pandemia en el desarrollo infantil, se sabe que factores como el estrés (13,5%), la ansiedad (19,4%) y la depresión (10,3. %) afectarán significativamente a la población durante la emergencia sanitaria (Tusey A, 2021), lo que impacta el desarrollo cognitivo y del lenguaje en los niños. El cierre de escuelas para prevenir la propagación del COVID-19 limitó la interacción social y afectó el desarrollo emocional y social de los niños, además de obstaculizar su aprendizaje, especialmente en aquellos que no tuvieron acceso a estudios en línea (Faura, 2020).

Los efectos del confinamiento y el cierre de instituciones educativas reflejan la pérdida de hábitos, rutinas y habilidades sociales, así como el deterioro del desarrollo cognitivo debido a la falta de estimulación adecuada, lo cual se evidencia en el "Inventario de Desarrollo Battelle - Prueba de Screening", donde un alto porcentaje de los preescolares no participó en actividades adecuadas para su edad. Esto concuerda con estudios que señalan las consecuencias a corto y largo plazo del confinamiento, como la pérdida de aprendizajes y la disminución en el desarrollo cognitivo debido a malos hábitos alimentarios, como la anemia (Bhamani, 2020; Carrero, 2018).

Los hallazgos de esta investigación son consistentes con otros estudios, como el realizado en Durango, México, que mostró que el 80,5% y 95,9% de los niños evaluados tuvieron dificultades en la fluidez verbal, afectando su comunicación (Reyes-Verdín. , 2021). Igualmente, investigaciones sobre el desarrollo psicomotriz durante el confinamiento revelaron una disminución en el desarrollo esperado de los niños (Sánchez-Reyes, 2020; LIMACHI ALCON, 2020).

Finalmente, la principal limitación de esta investigación fue el contexto de la pandemia, que impuso restricciones y confinamiento, dificultando el acceso a actividades grupales y afectando la evaluación del desarrollo de los niños en condiciones normales.

5. Conclusión

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que, en el desarrollo del lenguaje, la mayoría de los niños evaluados se encuentran en un nivel "normal" (96,1%), aunque un pequeño porcentaje (3,8%) muestra señales de alerta. En contraste, el desarrollo cognitivo presentó un panorama diferente, con un 84,6% de los niños en el nivel "no superado". Estos resultados reflejan una brecha en el desarrollo cognitivo, lo que resalta la necesidad de intervenciones específicas. La elaboración de una guía musicoterapéutica, considerando los hitos de desarrollo apropiados para la edad, se presenta como una herramienta eficaz para mejorar tanto el lenguaje como el desarrollo cognitivo en los niños preescolares.

Aunque los niños evaluados mostraron un desarrollo "normal" en el lenguaje, los resultados del desarrollo cognitivo sugieren la presencia de desafíos significativos que deben abordarse. La creación de una guía musicoterapéutica es una estrategia relevante para fomentar el desarrollo en estas áreas, y puede ser utilizada por profesionales y padres para apoyar el crecimiento integral de

los niños. Sin embargo, debido a las restricciones de la pandemia y el respeto a las decisiones de los padres, no se aplicó un post-test, lo que limita la evaluación cuantitativa del impacto directo de la intervención.

Contribución de autores: Todos los autores han contribuido sustancialmente en la elaboración del trabajo.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. Bastidas Soria, C.E. La Música Infantil y Su Incidencia En El Lenguaje Articulador En Los Niños de 3 a 4 Años Del Centro de Desarrollo Infantil "Tiny Toon" de La Ciudad de Ambato 2016.
2. Jurado-Noboa, C. La Musicoterapia Neurológica Como Modelo de Neurorrehabilitación. *Rev. Ecuatoriana Neurol.* **2018**, 27, 72–79.
3. Benítez, M.A.; Abraham, V.M.D.; Justel, N.R. Beneficios Del Entrenamiento Musical En El Desarrollo Infantil: Una Revisión Sistemática. *Rev. Int. Educ. Music.* **2017**, 61–69.
4. Panchi Culqui, J.C.; Panchi Culqui, W.E.; Panchi Culqui, R.C.; Panchi Culqui, M.K.; Panchi Culqui, B.M.; Panchi Culqui, E.R. La Musicoterapia Como Estrategia Para El Desarrollo de La Memoria En Infantes. *Rev. Cubana Pediatr.* **2021**, 93.
5. Vaillancourt, G. *Música y Musicoterapia: Su Importancia En El Desarrollo Infantil*; Narcea Ediciones, 2009; Vol. 182; ISBN 8427716311.
6. Cahua Calderon, E.E.; Ramirez Jara, M.D. Efectividad de La Musicoterapia Para Mejorar El Desarrollo Psicomotor En Niños Menores de 3 Años. **2019**.
7. Ortega, E.; Esteban, L.; Estévez, A.F.; Alonso, D. Aplicaciones de La Musicoterapia En Educación Especial y En Los Hospitales. *Eur. J. Educ. Psychol.* **2009**, 2, 145–168.
8. Torres, M. La Musicoterapia. *Innov. Y Exp. Educ.* **2010**, 1–12.
9. Aguayo Malo, E.E. Influencia de La Música Infantil En El Desarrollo Cognitivo de Niños de 3 a 6 Años de La Institución Educativa Inicial Particular "Sonrisitas" Chacacayo–Lima 2020. **2021**.
10. Moutte, S. La Influencia de La Musicoterapia En La Mejora de La Precisión y de La Velocidad Lectora En Niños y Niñas de Edades Comprendidas Entre 6 y 9 Años Escolarizados Con Dificultades de Aprendizaje. *Rev. Investig. en Musicoter.* **2020**, 3.
11. Rojas, D.G.; Angulo, G.P.; Rodríguez, R.M.S. Efectos de La Musicoterapia En El Trastorno de Espectro Autista. *Rev. Educ. inclusiva* **2018**, 11, 175–192.
12. Carrascal, S.; Solera, E. Creatividad y Desarrollo Cognitivo En Personas Mayores. *Arte, individuo y Soc.* **2014**, 26, 9–19.
13. Cervilla Villegas, S. Estudio de Caso: La Aplicación de La Musicoterapia Para Promover El Desarrollo Del Lenguaje, La Comunicación y La Expresión En Un Niño de 3 Años Con Autismo. **2022**.
14. Jaillier Pérez, J. La Influencia de La Estimulación Musical En El Desarrollo Cognitivo: Una Revisión Sistemática. **2024**.

15. Hervás-López, E. Proyecto de Investigación Sobre La Eficacia de La Musicoterapia Para Mejorar El Vocabulario de Los Niños Entre 7 y 12 Años Con Trastorno Del Espectro Autista 2017.
16. Nieto Silva, R.M.; Tacuri Mejía, R.L. La Musicoterapia En La Estimulación Temprana Del Área Afectiva En Niños de 3–12 Meses de La Comunidad Nueva Vida 2023.
17. Calí Sotz, M.A. La Musicoterapia y Su Influencia En El Proceso de Aprendizaje En Niños de 10 a 12 Años de Edad de La Escuela Oficial Rural Mixta El Eucalipto, El Tejar, Chimaltenango. 2014.
18. Aguilera Aucancela, H.D. La Musicoterapia Para El Desarrollo Artístico de Los Niños Del Paralelo A, Centro Inicial San Rafael Ubicado En El Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. Año Lectivo 2017–2018. 2018.
19. Belmonte, M.; Ortega, A.G.; Tosto, V. Aportes de La Musicoterapia Al Desarrollo Perceptual de Niños Hipoacúsicos. **2023**.
20. Jauset-Berrocal, J.A.; Soria-Urios, G. Neurorrehabilitación Cognitiva: Fundamentos y Aplicaciones de La Musicoterapia Neurológica. *Rev Neurol* **2018**, *67*, 303.
21. Melo Fuentes, S. La Musicoterapia En España: Una Revisión Teórica Del Uso de La Musicoterapia Con Las NEE y NEAE En Los Últimos 20 Años. **2022**.
22. García Vaicilia, R.L. Hostería Ecoturística En El KM. 35 de La Vía Lago Agrio Quito En El Cantón Cascales, Provincia de Sucumbíos 2010.
23. Newborg, E.; Stock, J.; Wnek, L.; Guidubaldi, J.; Svinicki, J. 2.4. Inventario de Desarrollo de Battelle (Bdl). **1989**.



© 2024 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 Síndrome de Burnout en el personal operativo de la empresa EMPACRECI S.A. en la ciudad de Durán.

Navarrete Villegas Gabriel Antonio¹  Villacres Cevallos Patricio Edison¹ 

¹ Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, EC 060110, Ecuador

✉ Correspondencia: gabriel.navarrete@unach.edu.ec  + 593 979744759

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj73187>

Resumen: El presente artículo aborda la temática del síndrome de Burnout, el mismo que se define como un síndrome tridimensional en el que el colaborador presenta cansancio emocional, despersonalización o tratamiento cínico y actitud negativa hacia los sus pacientes, así como una baja realización personal. El objetivo del estudio se centra en analizar el síndrome de Burnout en el personal operativo de la empresa EMPACRECI S.A. en la ciudad de Durán. Desde el punto de vista metodológico, el estudio posee un enfoque cuantitativo, de carácter descriptivo, transversal y no experimental, el mismo que se desarrollará en una muestra de 109 colaboradores del área operativa de una empresa dedicada a en el proceso y exportación de camarón de acuicultura, a los cuales se les aplicará el instrumento Burnout Screening Inventory para evaluar la presencia de síndrome de Burnout. La investigación destaca una alta prevalencia de cansancio emocional entre los colaboradores del área operativa, se observa una mayoría de trabajadores de edades intermedias y de género femenino, lo que sugiere la importancia de adaptar programas de bienestar a estas características. En cuanto a las condiciones laborales, se destaca una carga horaria semanal común de 40 horas, con un porcentaje significativo de colaboradores que exceden este límite, y se identifican niveles variables de despersonalización y realización personal en el trabajo, resaltando la necesidad de gestionar la carga laboral y promover un entorno laboral saludable.

Palabras claves: Análisis, síndrome de Burnout, personal operativo.

Analysis of Burnout syndrome in the operational staff of EMPACRECI S.A. company in the city of Durán.

Abstract: This article deals with the subject of Burnout syndrome, which is defined as a three-dimensional syndrome in which the employee shows emotional exhaustion, depersonalisation or cynical treatment and a negative attitude towards patients, as well as low personal fulfilment. The aim of the study is to analyse the Burnout syndrome in the operative personnel of the company EMPACRECI S.A. in the city of Durán. From the methodological point of view,



Check for updates

Cita: Navarrete Villegas, Gabriel Antonio Villacres Cevallos, P. E. (2024). Análisis del Síndrome de Burnout en el personal operativo de la empresa EMPACRECI S.A. en la ciudad de Durán. Green World Journal, 07(03), 187. <https://doi.org/10.53313/gwj73187>

Received: 30/October/2024

Accepted: 02/December/2024

Published: 12/December/2024

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.



© 2024 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 study has a quantitative, descriptive, transversal and non-experimental approach, which will be developed in a sample of 109 collaborators in the operational area of a company dedicated to the processing and export of aquaculture shrimp, to which the Burnout Screening Inventory instrument will be applied to evaluate the presence of Burnout syndrome. The research highlights a high prevalence of emotional exhaustion among employees in the operational area, with a majority of middle-aged and female workers, which suggests the importance of adapting wellbeing programmes to these characteristics. In terms of working conditions, a common weekly workload of 40 hours is highlighted, with a significant percentage of employees exceeding this limit, and variable levels of depersonalisation and personal fulfilment at work are identified, highlighting the need to manage the workload and promote a healthy working environment.

Keywords: Analysis, Burnout syndrome, operational staff.

1. Introducción

Este artículo trata sobre el síndrome de Burnout, que se caracteriza por tres dimensiones en las cuales los trabajadores experimentan agotamiento emocional, despersonalización y falta de realización personal, incluyendo actitudes negativas hacia los pacientes [1,2,3]. El agotamiento emocional se refiere a la pérdida progresiva de energía, el desgaste y la sensación de sobreesfuerzo físico causados por la interacción con otras personas; la despersonalización se manifiesta en un cambio negativo de actitudes y respuestas hacia los demás, con irritabilidad y pérdida de motivación en el trabajo; y la falta de realización personal implica respuestas negativas hacia uno mismo y el trabajo, representando una disminución en el sentimiento de competencia y éxito laboral, que se evalúa de manera negativa [4,5].

Según la Organización Internacional del Trabajo [OIT], se calcula que anualmente se pierden 12.000 millones de días laborables a causa de la depresión y la ansiedad, lo que representa un costo de casi un billón de dólares para la economía mundial. Esto se destaca en el Informe Mundial de Salud Mental de la Organización Mundial de la Salud [OMS] [6], publicado en junio de 2022, se informó que de los mil millones de individuos que tenían un trastorno mental en 2019, el 15% de los adultos en edad laboral experimentaron algún tipo de trastorno mental [7].

El síndrome de Burnout puede ser desencadenado por diversos factores de riesgo en el entorno laboral. La carga laboral excesiva, caracterizada por una sobrecarga de tareas y responsabilidades sin los recursos adecuados, puede llevar al agotamiento emocional y físico. La falta de control sobre el trabajo, la ausencia de autonomía y la incapacidad de tomar decisiones pueden aumentar la sensación de desgaste en los trabajadores. Un ambiente laboral adverso, marcado por la falta de apoyo de los superiores, conflictos interpersonales, escasez de reconocimiento y recompensas, y una cultura organizacional poco saludable, también puede contribuir al desarrollo del Burnout [8].

De igual manera, el desbalance entre el trabajo y la vida personal, la tendencia al perfeccionismo y la autoexigencia excesiva, así como la falta de un sistema de apoyo

social tanto en el trabajo como en el entorno personal, son factores adicionales que pueden aumentar la vulnerabilidad de los trabajadores al síndrome de Burnout. Por lo cual, es fundamental reconocer y abordar estos factores de riesgo para promover un entorno laboral saludable y prevenir el agotamiento emocional y físico de los empleados [9].

Los signos que indican la presencia de este trastorno abarcan la irritabilidad, el cansancio emocional, la falta de interés, actitudes negativas, impaciencia, dificultades en el control emocional, ansiedad, manifestaciones de depresión, desconexión emocional, autoestima disminuida, dificultades para tomar decisiones y un desempeño laboral anormal [10].

Asimismo, esta condición aumenta la susceptibilidad al uso de sustancias que deprimen el sistema nervioso, como la cafeína, el tabaco, el alcohol y otras drogas. Además, se han identificado una serie de manifestaciones físicas asociadas al síndrome de Burnout, que abarcan dolores de cabeza, palpitaciones, trastornos del sueño, angina, problemas gastrointestinales, dolor cervical y lumbar [10].

En cuanto al tratamiento, es importante que los individuos afectados por el Burnout busquen ayuda profesional, como psicólogos o terapeutas especializados en salud mental laboral. La terapia cognitivo-conductual puede ser beneficiosa para aprender a manejar el estrés, mejorar las habilidades de afrontamiento y cambiar patrones de pensamiento negativos. Asimismo, es importante establecer límites saludables, practicar técnicas de relajación y mindfulness, y cuidar la salud física a través de una alimentación balanceada, ejercicio regular y descanso adecuado [11].

Una de las principales estrategias de atención corresponde a la prevención, es fundamental que tanto los empleadores como los trabajadores se involucren en la creación de un entorno laboral saludable. Esto incluye promover una cultura organizacional que valore el bienestar de los empleados, fomentar la comunicación abierta, establecer políticas que promuevan el equilibrio entre el trabajo y la vida personal, y proporcionar recursos y apoyo para la gestión del estrés [12].

Los programas de capacitación en habilidades de afrontamiento y gestión del estrés pueden ser útiles para prevenir el desarrollo del Burnout. Además, es importante fomentar un ambiente de trabajo colaborativo, donde se promueva el trabajo en equipo, la resolución de conflictos de manera constructiva y el reconocimiento del esfuerzo de los empleados. La identificación temprana de los signos de Burnout y la intervención oportuna son clave para prevenir que el problema se agrave [13].

Por ello, los profesionales especializados en el área de Seguridad y Salud Ocupacional

[SSO] juegan un papel clave en la prevención del síndrome de Burnout al identificar factores de riesgo, diseñar programas de prevención, capacitar al personal y brindar apoyo en la gestión del estrés. Su enfoque en la promoción de un ambiente laboral saludable contribuye a prevenir el agotamiento emocional y físico de los trabajadores.

El estudio realizado en la ciudad de Guayaquil por Ortega et al. [14] tuvo como objetivo investigar la frecuencia del síndrome de burnout y su relación con el ambiente laboral de los trabajadores operativos de Empacreci S.A. en una muestra de 149 empleados. Los resultados mostraron que el 38,93% de los participantes tenían entre 40 y 49 años, con un 85,23% de ellos siendo mujeres. Además, se encontró que el personal presentaba un nivel moderadamente alto de síndrome de Burnout.

Por otro lado, el estudio de Agurto et al. [15] realizado con el propósito de investigar la frecuencia de este síndrome en el personal operativo y administrativo de una entidad gubernamental, llevado a cabo en una muestra de 102 empleados de la organización. De los resultados obtenidos, se pudo determinar que el 82% son trabajadores de género masculino y que 11 de ellos presentan un riesgo de padecer el síndrome de Burnout.

Asimismo, el estudio de Ancajima [16] llevado a cabo con el objetivo de analizar la frecuencia del Síndrome de Burnout entre los trabajadores de ese lugar, en una muestra de 32 empleados operativos, concluyó que no hay una prevalencia de este síndrome. A pesar de esto, los resultados no fueron satisfactorios, ya que, en el aspecto de agotamiento emocional, once trabajadores mostraron un nivel alto, catorce trabajadores presentaron niveles altos de despersonalización y trece trabajadores tuvieron niveles bajos de realización personal en el trabajo.

En el caso específico del estudio, se utilizó el instrumento Burnout Screening Inventory [BSI] el mismo que constituye una herramienta de evaluación diseñada para medir y detectar el síndrome de burnout en individuos, especialmente en el ámbito laboral. El instrumento se diferencia de otros, puesto que su evaluación es precisa para evaluar su sintomatología, y ha sido validado en diversos contextos, garantizando la fiabilidad y validez.

Por los motivos anteriormente expuestos, a través del presente artículo se tiene como interrogante: ¿Cuál es la prevalencia del síndrome de Burnout en el personal operativo de la empresa EMPACRECI S.A. en la ciudad de Durán? De igual manera, el estudio tuvo como objetivo el analizar la prevalencia del síndrome de Burnout en el personal operativo de la empresa, además, identificar las características sociodemográficas del personal y reconocer las características laborales del mismo.

2. Materiales y métodos

El estudio posee un enfoque cuantitativo, descriptivo, transversal y no experimental. El enfoque cuantitativo se centra en la recolección de datos numéricos a través de la observación directa [17]. El nivel de investigación fue de tipo descriptivo, puesto que se tuvo como propósito el describir la problemática o las variables de estudio [18] que en el estudio corresponde al síndrome de Burnout. De igual manera, es no experimental, puesto que no se realizan modificaciones a las variables y dimensiones [19].

El universo se encontró formado por 109 colaboradores del área operativa de la empresa EMPACRECI S.A. en la ciudad de Durán. Con la finalidad de evaluar la realidad actual de la empresa, a criterio del autor, se tomó en consideración a todos los colaboradores del área operativa de la empresa.

Para la recolección de datos se utilizó el instrumento Burnout Screening Inventory [BSI] [20] el mismo que constituye una herramienta de evaluación diseñada para medir y detectar el síndrome de burnout en individuos, especialmente en el ámbito laboral. Este inventario se compone de una serie de preguntas estructuradas que abordan los principales síntomas del burnout, como el agotamiento emocional, la despersonalización y la falta de realización personal [21]. A través de este instrumento, los profesionales de la salud y los investigadores identificaron de manera temprana los signos de agotamiento emocional relacionados con el trabajo, lo que permite intervenir de manera oportuna para prevenir y abordar este trastorno.

Al respecto, el BSI constituye una herramienta para evaluar el síndrome de burnout, el mismo que se centra en evaluar tres pilares fundamentales [22]. En el caso de la investigación se utilizó para evaluar el entorno laboral y evaluar el estrés y la presión que experimentan los colaboradores, así como establecer el riesgo y el nivel de intervenciones a realizar, permitiendo de esta manera identificar las áreas que presentan problemas e implementar estrategias para la prevención y manejo del burnout [23].

3. Resultados

El análisis de las características sociodemográficas y laborales del personal operativo de la empresa EMPACRECI S.A. reveló datos significativos.

Tabla 1. Características sociodemográficas y laborales

Edad	Frecuencia	Porcentaje
18-36 años	32	29,36
37-55 años	68	62,39
> 56 años	9	8,26
TOTAL	109	100,00
Sexo	Frecuencia	Porcentaje
Masculino	36	33,03

Femenino	73	66,97
TOTAL	109	100,00

Jornada de trabajo	Frecuencia	Porcentaje
< 40 horas	8	7,34
40 horas	75	68,81
> 40 horas	26	23,85
TOTAL	109	100,00

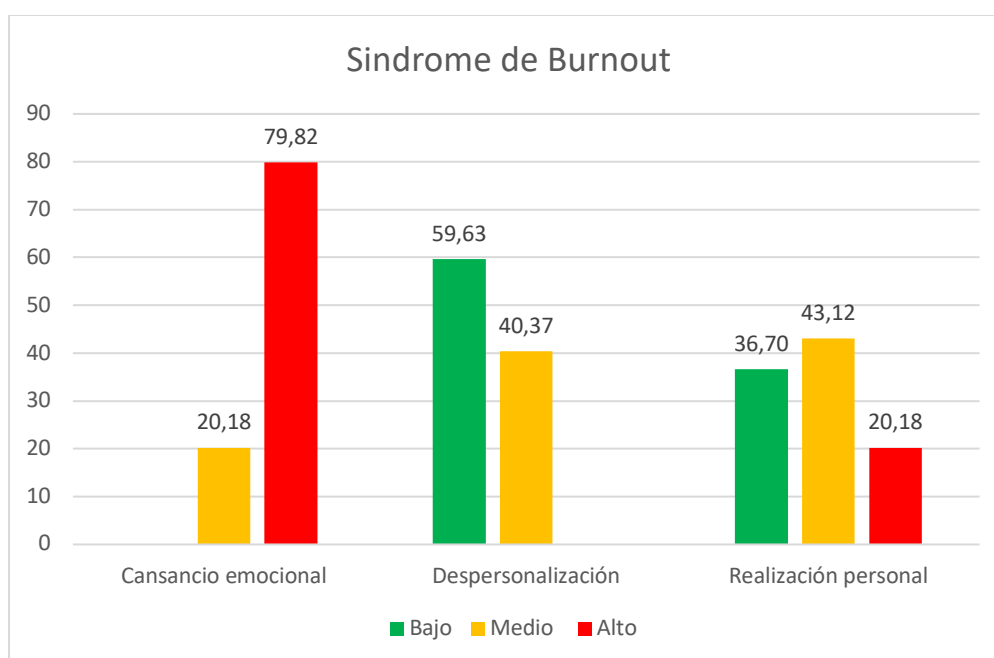
En cuanto a la edad, se identificó que la mayoría de los colaboradores (62,39%) se encuentra en el rango de 37–55 años, seguido por el grupo de 18–36 años (29,36%) y, en menor proporción, colaboradores mayores de 56 años (8,26%). Este hallazgo resalta una predominancia de trabajadores en edades intermedias, que representan la mayor fuerza laboral de la empresa.

Respecto al género, se observó una mayor participación de mujeres (66,97%) frente a hombres (33,03%), evidenciando una composición mayoritaria femenina en el área operativa.

En relación a la jornada laboral, la mayoría de los colaboradores (68,81%) trabaja 40 horas semanales, mientras que un 23,85% excede este límite, lo que podría representar un factor de riesgo asociado al síndrome de Burnout. Solo un 7,34% reportó trabajar menos de 40 horas semanales.

El análisis del síndrome de Burnout incluyó las tres dimensiones evaluadas mediante el Burnout Screening Inventory (BSI): cansancio emocional, despersonalización y realización personal. Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Figura 1. Análisis del síndrome de Burnout



Nota. En la figura se observa el síndrome de Burnout de acuerdo con sus dimensiones y niveles decodificados.

Tabla 2. Evaluación del Síndrome de Burnout

Cansancio emocional	Frecuencia	Porcentaje
Bajo	0	0
Medio	22	20,18
Alto	87	79,82
TOTAL	109	100,00
Despersonalización	Frecuencia	Porcentaje
Bajo	65	59,63
Medio	44	40,37
Alto	0	0,00
TOTAL	109	100,00
Realización personal	Frecuencia	Porcentaje
Bajo	40	36,70
Medio	47	43,12
Alto	22	20,18
TOTAL	109	100,00

Nota. En la tabla se observa el análisis del síndrome de Burnout de acuerdo a sus dimensiones.

- Cansancio emocional: Un preocupante 79,82% de los colaboradores presentó un nivel alto de riesgo en esta dimensión, mientras que el 20,18% evidenció un riesgo medio. No se registraron niveles bajos de riesgo, lo que subraya la alta incidencia de agotamiento emocional en el personal operativo.
- Despersonalización: La mayoría de los colaboradores (59,63%) mostró un nivel bajo de riesgo asociado a esta dimensión, mientras que el 40,37% presentó un riesgo medio. No se identificaron casos con niveles altos, lo que sugiere que esta dimensión no se encuentra tan acentuada como el cansancio emocional.

- Realización personal: Los resultados reflejaron una distribución más equilibrada: un 43,12% presentó un riesgo medio, seguido de un 36,70% con riesgo bajo y un 20,18% con riesgo alto. Estos datos indican que, aunque algunos colaboradores experimentan una baja percepción de logro personal, una proporción considerable aún mantiene niveles moderados o altos.

En conjunto, los datos indican una alta prevalencia de riesgo en la dimensión de cansancio emocional, lo que representa un desafío importante para la gestión del bienestar laboral. La dimensión de despersonalización muestra un comportamiento menos crítico, aunque sigue siendo relevante. Finalmente, la dimensión de realización personal destaca por su heterogeneidad, sugiriendo la necesidad de implementar estrategias para reforzar la percepción de éxito laboral y satisfacción personal.

4. Discusión

Al comparar los resultados de tu estudio con los estudios previamente mencionados, se pueden identificar algunas similitudes y diferencias importantes.

En cuanto a la edad de los colaboradores, se observa que en los estudios de Ortega et al. [14] y Agurto et al. [15] predominan los trabajadores de edades intermedias [40–49 años en el primer estudio y 50–59 años en el segundo], mientras que en tu estudio la mayor frecuencia se encuentra en el rango de 37–55 años. Sin embargo, todos los estudios muestran una presencia significativa de trabajadores en rangos de edad más avanzados.

Respecto al género, se destaca que en el estudio de Ortega et al. [14] la mayoría de los participantes son mujeres, al igual que en tu estudio. Por otro lado, Agurto et al. [15] reporta una predominancia de trabajadores masculinos. Es interesante notar estas diferencias en la distribución por género entre los diferentes estudios. A diferencia del estudio de Ancajima [16] en donde nos identificó una prevalencia de este síndrome.

En relación al síndrome de Burnout, se observa que en los estudios previos se encontraron niveles moderadamente altos o altos de este síndrome entre los trabajadores, mientras que en tu estudio se identificaron porcentajes significativos de riesgo alto de cansancio emocional, pero también un porcentaje notable de riesgo bajo en despersonalización y realización personal. Esto sugiere que, a pesar de la presencia de riesgos de Burnout en tu muestra, existen diferencias en la distribución y manifestación de estos riesgos en comparación con los estudios previos.

Por consiguiente, si bien existen similitudes en cuanto a la edad y género de los trabajadores entre los estudios, se observan diferencias en los niveles y aspectos específicos del síndrome de Burnout identificados en cada muestra. Estas variaciones pueden deberse a diferencias en el ambiente laboral, las características de los trabajadores y otros factores contextuales que influyen en la manifestación de este síndrome.

5. Conclusión

Al analizar los datos recopilados de los colaboradores del área operativa, se pudo determinar que existe una preocupante prevalencia de riesgo alto de cansancio emocional, con un notable 79,82% de los encuestados presentando este nivel de riesgo. Estos hallazgos sugieren la importancia de implementar estrategias de intervención y medidas preventivas para abordar y mitigar el impacto del Síndrome de Burnout en el personal operativo de la organización.

En cuanto a las características sociodemográficas de los colaboradores, se destaca que la mayoría se encuentra en el rango de edades de 37-55 años, con una predominancia de individuos de sexo femenino. Estos datos reflejan la composición demográfica del personal operativo de la empresa y pueden ser útiles para diseñar programas de bienestar y apoyo que se ajusten a las necesidades específicas de este grupo de trabajadores.

En relación a las características laborales, se observa que la mayoría de los colaboradores trabajan semanalmente 40 horas, aunque un porcentaje significativo labora más de 40 horas. Además, se identificaron niveles variables de riesgo asociados a la despersonalización y realización personal en el trabajo. Estos hallazgos resaltan la importancia de gestionar adecuadamente la carga laboral y promover un ambiente de trabajo saludable que fomente la realización personal y prevenga la despersonalización en el entorno laboral.

Contribución de autores: Todos los autores han contribuido sustancialmente al trabajo.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. Vidotti V, Trevisan J, Quina M, Ribeiro R, Do Carmo M. Síndrome de burnout, estrés laboral y calidad de vida en trabajadores de enfermería. *Enfermería Global*. 2019; 18[55].
2. Lovo J. Síndrome de burnout: Un problema moderno. *Revista entorno*. 2021;[70]: p. 110-120.
3. Durán S, García J, Parra A, García M, Hernández I. Estrategias para disminuir el síndrome de Burnout en personal que labora en Instituciones de salud en Barranquilla. *Cultura, Educación y Sociedad*. 2018; 9[1]: p. 27-44.
4. Linares GdV, Guede YS. Síndrome de burnout enfermedad invisible entre los profesionales de la salud. *Aten Primaria*. 2021; 53[5]: p. 102017.
5. Vidotti V, Trevisan J, Quina MJ, Perfeito R, do Carmo M. Síndrome de burnout, estrés laboral y calidad de vida en trabajadores de enfermería. *Enfermería Global*. 2019; 18[55].
6. Organización Mundial de la SALud. World mental health report: Transforming mental health for all. [Online]; 2022. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240049338>.

7. OIT. La OMS y la OIT piden nuevas medidas para abordar los problemas de salud mental en el trabajo. [Online]; 2022. Disponible en: https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/news/WCMS_856931/lang-es/index.htm
8. Rivera Á, Ortiz R, Miranda M, Navarrete P. Factores de riesgo asociados al síndrome. Revista Digital de Postgrado. 2019; 8[2].
9. Castro O, Manzano L, Cabanilla J, Cadillo N. Factores asociados al síndrome de Burnout. Revista Inclusiones. 2023; 11[1]: p.
10. Santaella LE. Incidencia del síndrome de Burnout y su relación con sobrepeso, sedentarismo y presión arterial elevada. Revista Científica Ulsrael. 2022; 9[3]: p. 91–110.
11. Gil P. Prevención y tratamiento del síndrome de quemarse por el trabajo [burnout]. Información Psicológica. 2020;[119]: p. 135–136.
12. Morales ÁM, Cobos G, Ramos E. Prevención del burnout en Enfermería. SANUM. 2021; 5[1]: p. 62–77.
13. López G, Pérez M, Pérez R, Pérez D. Síndrome de burnout y efectos adversos: la prevención ineludible. Atención Primaria. 2021; 53[10].
14. Ortega KO, Santana NE. Prevalencia del síndrome de burnout y su relación con el clima laboral del personal operativo de la empresa Empracreci S.A. [Online]; 2020. Disponible en: <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a11e0767-6cef-4c61-afb4-cd6a698d0cd5/content>.
15. Agurto SP, Ninabanda BE. Análisis del síndrome de burnout y su relación con el personal operativo y administrativo en una empresa pública de la ciudad de Quito dedicada a la ingeniería civil. [Online]; 2023. Disponible en: <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/15031>.
16. Ancajima Y. Prevalencia del síndrome de burnout en el personal operativo de la Corporación Rio Branco S. A. Sede Junín. [Online]; 2022. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12347/2/IV_FCE_317_TE_Ancajima_Cerron_2022.pdf.
17. Hernández R, Mendoza C. Metodología de la investigación. [Online]; 2018. Disponible en: http://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/wp-content/uploads/2019/02/RUDICSv9n18p92_95.pdf.
18. Pérez L, Pérez R, Seca M. Metodología de la investigación científica. [Online]; 2020. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/uta/138497?page=1>.
19. Arévalo P, Cruz J, Guevara M, Palacios A. Actualización en metodología de la investigación científica. Universidad Tecnológica Indoamérica. 2020; 13[3].
20. OMINT. Cuestionario Burnout. [Online]; 2019. Disponible en: <https://www.omint.com.ar/website2/Portals/0/images/news-prestadores/CUESTIONARIO-BURNOUT-INTERACTIVO.PDF>.

21. Torres EF, Ali LF, Gutiérrez V. Análisis del burnout y sus escalas de medición. Praxis Investigativa Redie. 2019; 11[20]
22. Cuantix. Instrumento de medición de burnout. [Online]; 2020. Disponible en: <https://viahr.org/wp-content/uploads/2021/10/Fundamendacio%CC%81n-uso-de-la-Escala-de-Burnout-por-parte-de-Vacation-is-a-Human-Right-Foundation.pdf>
23. Elsevier, Cuestionario MBI [Online]; 2024. Disponible en: <https://multimedia.elsevier.es/PublicationsMultimediaV1/item/multimedia/S1138359320300630:mmc1.pdf?idApp=UINPBA00004N>



© 2024 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

Potencial de invasión de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Ecuador continental: elementos para mejorar las estrategias de control de especies.

Josselin Valeria Saltos Icaza ¹  Yarelys Ferrer-Sánchez ¹  Gabriela Elizabeth Santana Baque ¹  Mariuxi Fernanda Cevallos Chevez ¹  Magaly Monserrate Puente Mendoza ¹  Bryan Ricardo Villanueva Pérez ¹  Isabel Cristina Coello Peralta ¹ 

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Facultad de Posgrado, Quevedo, Ecuador.



Correspondencia: jsaltosi@uteq.edu.ec



+ 593 990337492

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj73188>

Resumen: Las especies exóticas invasoras de la acuicultura representan una grave amenaza para los ecosistemas y la biodiversidad, con consecuencias económicas significativas. Este estudio evaluó el potencial de invasión de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en ecosistemas nativos y áreas protegidas de Ecuador continental. Se obtuvieron registros de la trucha de Global Biodiversity Information Facility y literatura científica. Las variables climáticas se obtuvieron de Worldclim. Se usó el código Kuenm de R, implementado con el algoritmo Maxent, para modelar la distribución de la especie. Se consideraron registros de áreas nativas e introducidas mundialmente para describir el nicho en el espacio ambiental. Sin embargo, se usaron registros de Ecuador para calibrar el modelo y proyectarlo hacia esta región. Se generaron mapas de riesgo de invasión para la trucha, identificando zonas de alta vulnerabilidad con un modelo predictivo (AUCratio = 1,573) y robusto (tasa de omisión 5% = 0,14). Se identificaron las condiciones climáticas óptimas para la trucha en la región interandina, abarcando ~52,373 km². Una proporción significativa de hábitats adecuados para la especie aparecen en Parques Nacionales (33%) y Reservas Ecológicas (33%). El área de todas las cuencas incluidas en la distribución alcanzó los 49206,78 km² que representa el 55% del área total de los mismos (89495,79 km²). En conclusión, el modelado del nicho ecológico de la trucha *Oncorhynchus mykiss* es efectivo, destacando la región Interandina de Ecuador y áreas protegidas como zonas de riesgo, subrayando la necesidad de estrategias preventivas y de gestión.

Palabras claves: Acuicultura, Especies exóticas invasoras, Kuenm, Modelación de nicho ecológico.



Check for updates

Cita: Saltos Icaza, J. V., Ferrer-Sánchez, Y., Santana Baque, G. E., Cevallos Chevez, M. F., Puente Mendoza, M. M., Villanueva Pérez, B. R., & Coello Peralta, I. C. (2024). Potencial de invasión de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Ecuador continental: elementos para mejorar las estrategias de control de especies. *Green World Journal*, 07(03), 188. <https://doi.org/10.53313/gwj73188>

Received: 30/October/2024

Accepted: 28/November/2024

Published: 29/November/2024

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.



© 2024 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>

Invasion potential of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in continental Ecuador: elements to improve species control strategies

Abstract: Invasive alien aquaculture species represent a serious threat to ecosystems and biodiversity, with significant economic consequences. This study evaluated the invasive potential of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in native ecosystems and protected areas of continental Ecuador. Trout records were obtained from the Global Biodiversity Information Facility and scientific literature. Climatic variables were obtained from Worldclim. The Kuenm code of R, implemented with the Maxent algorithm, was used to model the distribution of the species. Records from native and introduced areas worldwide were considered to describe the niche in the environmental space. However, records from Ecuador were used to calibrate the model and project it to this region. Invasion risk maps for trout were generated, identifying areas of high vulnerability with a predictive (AUCratio = 1.573) and robust (omission rate5%=0.14) model. Optimal climatic conditions for trout were identified in the inter-Andean region, covering ~52,373 km². A significant proportion of suitable habitats for the species occur in National Parks (33%) and Ecological Reserves (33%). The area of all watersheds included in the distribution reached 49206.78 km² which represents 55% of their total area (89495.79 km²). In conclusion, the modeling of the ecological niche of the trout *Oncorhynchus mykiss* is effective, highlighting the Inter Andean region of Ecuador and protected areas as risk zones, underlining the need for preventive and management strategies.

Keywords: Aquaculture, Ecological niche modeling, Invasive alien species, Kuenm.

1. Introducción

La introducción de especies invasoras no nativas constituye una amenaza global significativa para los ecosistemas naturales, la biodiversidad y las áreas protegidas, además de generar importantes costos económicos[1]. Tras la pérdida de hábitat, estas invasiones son la segunda causa de pérdida de biodiversidad a nivel mundial[2], un problema destacado por organismos internacionales como el Programa de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente, junto con otros factores como la destrucción del hábitat. y el cambio climático [3]. En muchos casos, las especies invasoras provienen de escapes de criaderos, jardines o instalaciones acuícolas, como ocurre con muchas introducciones acuáticas [4]. Estas invasiones amenazan las especies nativas, los servicios ecosistémicos, la salud pública y la seguridad alimentaria.

Una de las especies invasoras más preocupantes es la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), originaria de América del Norte, ampliamente introducida a nivel global con fines recreativos y acuícolas. Esta especie, incluida en la lista de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas según la UICN[5], desplaza a especies nativas y altera ecosistemas mediante competencia, hibridación y depredación[6,7]. En Ecuador, su introducción comenzó en la década de 1930 para actividades acuícolas, especialmente en aguas frías continentales[8]. Sin embargo, los escapes de criaderos han generado preocupaciones por los impactos negativos en ecosistemas nativos y áreas protegidas[9].

A pesar de su importancia económica para la industria acuícola, la trucha arcoíris ha tenido efectos adversos sobre la diversidad biológica y la estructura de las comunidades acuáticas[10,11]. Los estudios en Ecuador se han centrado principalmente en aspectos relacionados con la producción acuícola, mientras que la interacción de esta especie con especies nativas y ecosistemas acuáticos ha recibido menos atención científica[12]. Esta falta de información limita el desarrollo de estrategias efectivas para controlar y mitigar su impacto, afectando la biodiversidad y el equilibrio de los ecosistemas hídricos del país[13].

Es necesario profundizar en los estudios sobre los impactos ecológicos de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Ecuador y desarrollar herramientas de manejo adecuadas. Este estudio busca abordar estas lagunas mediante la aplicación de modelos predictivos de nicho ecológico, evaluando la idoneidad de hábitats para esta especie y su potencial invasivo en ecosistemas nativos y áreas protegidas. Los resultados contribuirán a la formulación de estrategias de manejo por parte del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, con énfasis en la restauración de lagos andinos de alta altitud afectados por esta especie [14].

El objetivo principal de esta investigación es evaluar el potencial de invasión de (*Oncorhynchus mykiss*) en ecosistemas nativos y áreas protegidas del Ecuador continental. Para ello, se busca modelar el nicho ecológico de la especie, caracterizar su distribución geográfica potencial y estimar las áreas con mayor idoneidad para su establecimiento, particularmente dentro de las zonas protegidas del país. Este enfoque predictivo representa una herramienta clave para la planificación preventiva y el manejo efectivo de especies invasoras, contribuyendo así a la conservación de la biodiversidad y la restauración ecológica en contextos de alta vulnerabilidad ambiental.

2. Materiales y métodos

2.1. *Compilación y validación de puntos de presencia*

El estudio se llevó a cabo en la parte continental de La República de Ecuador. Se recopilaron un total de 214,179 registros de presencia de la especie, provenientes de la base Global Biodiversity Information Facility [14]. Estos datos fueron importados en ArcGIS 10.5 para realizar una limpieza y validación. Se excluyeron del análisis los registros sin información geográfica dejando 194,025 registros, así como aquellos con errores como coordenadas incompletas, datos duplicados, ubicaciones en el océano o inexactas [15]. Luego de este proceso quedaron 20,154 registros de presencia, de los cuales 237 corresponden al área nativa y 19,917 al área de invasión.

Se obtuvieron, además, 35 registros de presencia de la especie en Ecuador, a través de literatura científica y de la plataforma iNaturalist. Los datos se filtraron para registrar una presencia en cada cuadrícula climática de 1 km². Finalmente, se validaron un total de 35 puntos de presencia en Ecuador continental, los cuales fueron utilizados en los análisis de modelación.

2.2. *Variables climáticas*

Se utilizaron predictores bioclimáticos (período 1970–2000) de WorldClim 2.1[16] con una resolución de 1 km para modelar el nicho ecológico. Las variables seleccionadas fueron aquellas menos correlacionadas, identificadas mediante un análisis de factores de varianza-inflación (VIF)[17], eliminando las que tenían una alta correlación (VIF>10). Estas capas bioclimáticas fueron recortadas según el área de estudio y analizadas en ArcGIS 10.5 junto con los registros de presencia, para extraer los valores de 19 variables bioclimáticas y la elevación.

Con las variables que tenían VIF<10 se seleccionaron tres subconjuntos de variables candidatas para calibrar el modelo de nicho, basándose en criterios ecológicos, correlación entre variables, y un análisis de componentes principales (ACP). Los tres subconjuntos resultantes fueron:

- **Conjunto 1:** Temperatura Media Anual, Precipitación Anual y Elevación.
- **Conjunto 2:** Elevación, Precipitación Anual, Precipitación del Mes Más Húmedo, Precipitación del Trimestre Más Seco, Rango Medio Diurno, Isotermalidad y Rango Anual de Temperatura.

- **Conjunto 3:** Precipitación Anual, Precipitación del Mes Más Húmedo, Precipitación del Mes Más Seco, Estacionalidad de las Precipitaciones, Temperatura Mínima del Mes Más Frío, Precipitación del Trimestre Más Húmedo, Rango Anual de Temperatura y Precipitación del Trimestre Más Seco[15].
- Finalmente, se excluyeron ciertas variables como artefactos estadísticos que no influían en la especie.

2.3. Modelación de nicho ecológico

Todos los análisis a partir de la calibración del modelo y la producción de archivos fueron realizados utilizando el paquete Kuenm [15] y MaxEnt en la plataforma Rstudio. Este método calcula la idoneidad del conjunto de modelos según varios métodos de evaluación de los modelos candidatos y los subconjuntos de variables climáticas. En el proceso de calibración, 1581 modelos candidatos fueron evaluados para los tres conjuntos de variables ambientales consideradas, con parámetros que reflejan todas las combinaciones de 17 ajustes del multiplicador de regularización y 31 combinaciones de clases de características (Tabla 1; Anexo 2).

Tabla 1. Parámetros utilizados para calibrar los modelos candidatos de nicho ecológico de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Ecuador continental

Parámetros			
Multiplicadores de regularización	0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10		
Clases	l, q, p, t, h, lq, lp, lt, lh, qp, qt, qh, pt, ph, th, lqp, lqt, lqh, lpt, lph, lth, qpt, qph, qth, pth, lqpt, lqph, lqth, lpth, qpth, lqpth		
Conjuntos de predictores climáticos	Subconjunto 1: Temperatura Media Anual, Precipitación Anual, Elevación (m)		
	Subconjunto 2: Elevación, Precipitación anual, Precipitación del mes más húmedo, Precipitación del cuarto más seco, Precipitación del trimestre más seco, Rango medio diurno, Isotermalidad, Rango anual de temperatura		
	Subconjunto 3: Precipitación anual, precipitación del mes más húmedo, Precipitación del mes más seco, Estacionalidad de las precipitaciones, Temperatura mínima del mes más frío, Precipitación del trimestre más húmedo, Rango anual de temperatura, Precipitación del trimestre más seco		

Parámetros de Maxent para diferentes tipos de modelos con y sin interacción entre variables: l: lineal, q: cuadrático, p: producto, t: umbral (threshold features), h: visagra (hinge features)

Entre todos los modelos candidatos, se obtuvo el modelo final utilizando el conjunto completo de presencias de acuerdo con la parametrización definida (Tabla 1). La selección del modelo se basó en la importancia, la capacidad predictiva y la complejidad: es decir, los modelos se filtraron primero para detectar aquellos que son estadísticamente significativos; el criterio de tasa de omisión se aplica a este conjunto reducido de modelos. Finalmente, entre los modelos candidatos significativos y de baja omisión, se seleccionaron aquellos con valores de delta AICc < a 2 [15]. Se seleccionó el modelo M_0,5_F_lq del conjunto 2 de variables con las siguientes características: AUC ratio= 1,573; tasa de omisión (5 %) = 0,143; AICc= 818,316 (Tabla 2). Se corrieron 10 réplicas de este modelo para obtener el modelo promedio final. Entre todos los modelos, solo uno cumplió con todos los criterios considerados.

Tabla 2. Estadísticas de rendimiento de los mejores modelos de nicho ecológico de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Ecuador continental, seleccionados en función de criterios predefinidos

Modelo	AUCratio	ROC parcial	Tasa de omisión al 5%	AICc	Delta AICc	W AICc	No. parámetros
M_0.5_F_lq_set_2	1.573	0	0.143	818.316	0.000	1	4
M_0.6_F_lq_set_2	1.577	0	0.143	818.358	0.041	1	4
M_0.7_F_lq_set_2	1.582	0	0.143	818.401	0.085	1	4
M_0.8_F_lq_set_2	1.581	0	0.143	818.447	0.131	1	4
M_0.9_F_lq_set_2	1.588	0	0.143	818.495	0.179	1	4
M_1_F_lq_set_2	1.584	0	0.143	818.546	0.229	1	4
M_0.5_F_p_set_2	1.626	0	0.143	820.246	1.930	1	5

2.4. Análisis de datos

Todos los datos ambientales fueron descritos a partir de los valores medios, su desviación estándar y el intervalo de confianza. La mayoría de las variables mostraron diferencias marcadas con la distribución normal, verificado gráficamente con curvas de distribución lognormal y por medio de la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Por esto se emplearon métodos estadísticos no paramétricos. Para evaluar las posibles redundancias en la información de variables se hicieron matrices de correlaciones de Spearman y se redujo la multidimensionalidad con Análisis de Componentes Principales. Las comparaciones univariadas se hicieron con la prueba Kruskal Wallis. Los análisis se realizaron en el programa XLSTAT 2023.3.1.1416. Las representaciones gráficas de los resultados se diseñaron en el programa R (R Development Core Team 2017) y en las plataformas Extended Boxplot (disponible en: <https://vmra.shinyapps.io/univariados/>) (Ramírez-Arrieta y Denis, 2020); Extended Scatterplots (disponible en: <https://vmra.shinyapps.io/multivariados/>) (Denis y Ramírez-Arrieta, 2020) y Rawgraphs 2.0 (disponible en: <https://app.rawgraphs.io/>).

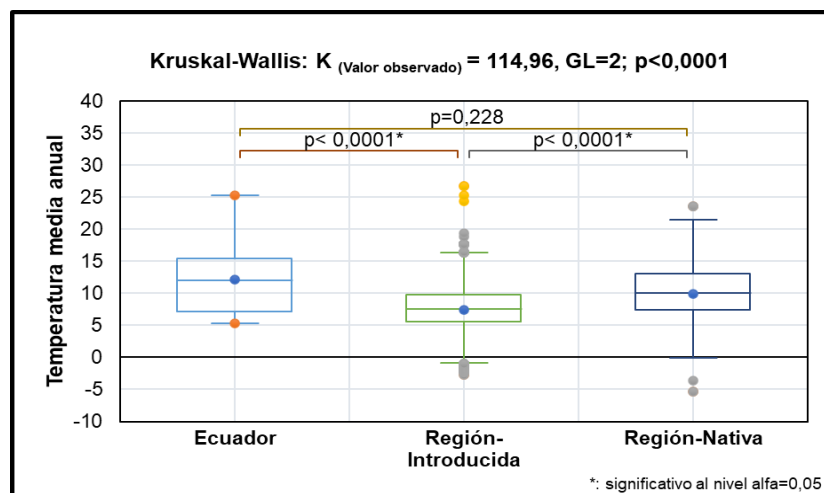


3. Resultados

3.1. Nicho ecológico de *Oncorhynchus mykiss* en Ecuador continental

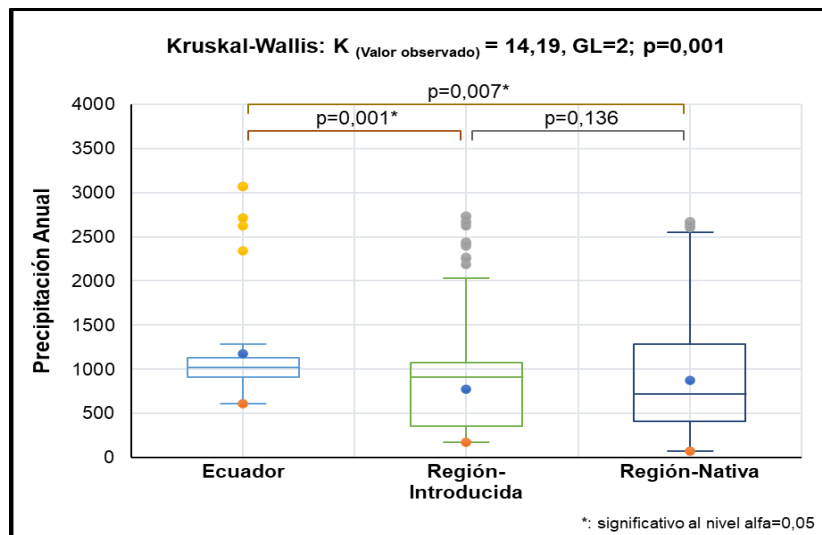
Las truchas arcoíris se distribuyen en diversas regiones de Ecuador, tanto en hábitats naturales como en áreas donde han sido introducidas. La variabilidad en la temperatura media anual en estas regiones es notable. En el caso de Ecuador, la temperatura anual promedio fluctúa entre 5,31°C y 25,32°C, con una media de 12,10°C, significativamente mayores a otros sitios de invasión en Norteamérica ($p < 0,0001$; Figura 1). En las zonas donde han sido introducidas a nivel mundial, la temperatura varía entre -1,23°C y 16,32°C, con una media de 7,37°C. Se registran valores extremos de hasta 25,32°C y mínimos de -2,67°C en la región nativa de la especie, aunque el valor medio no difiere del registrado para Ecuador ($p < 0,228$; Figura 1).

Es importante resaltar que existe una marcada disparidad entre la temperatura en la región nativa de la trucha y las áreas de invasión. En la región nativa, la temperatura oscila entre -0,05°C y 21,52°C, con una media de 9,91°C, superior a zonas donde ha invadido la especie ($p < 0,0001$; Figura 1). Estos datos destacan las diferencias significativas en la temperatura media anual entre las distintas regiones, lo que subraya la relevancia de considerar el impacto del clima en la distribución y adaptación de las truchas arcoíris.



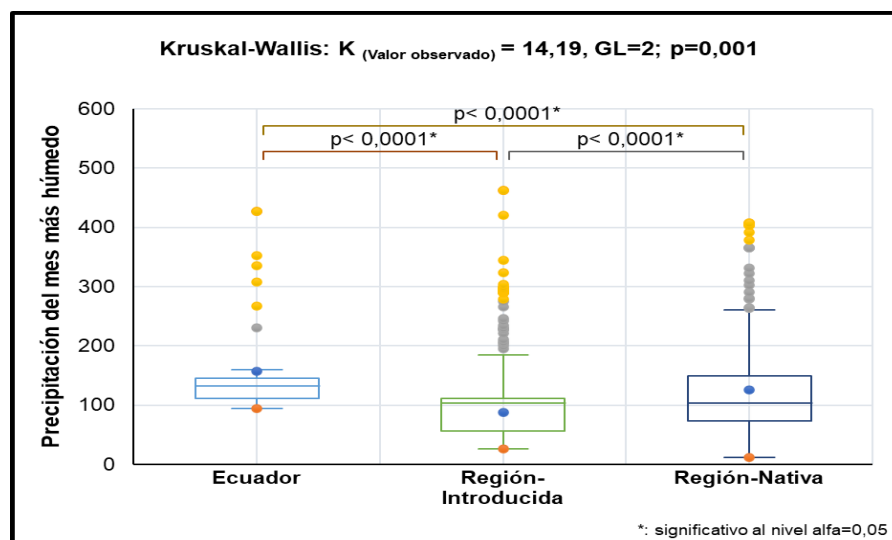
Figuras 1. Temperatura media anual en los sitios con registros de presencia de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Ecuador, en otras zonas de invasión en Norteamérica y en la región nativa

La precipitación anual en estas áreas exhibe una variabilidad notable. En los sitios de presencia en Ecuador, los niveles de precipitación anual fluctuaron entre 615 mm y 1284 mm, con un promedio de 910,5 mm, significativamente superior al valor promedio en la región nativa ($p = 0,007$) y de invasión ($p = 0,001$; Figura 2). Se destaca un máximo extremo de 3069 mm. En las áreas donde se han introducido en Norteamérica, la precipitación varió desde 105 mm hasta 2032 mm, con una media de 910 mm. En cuanto a las regiones nativas, se obtuvo una variabilidad en la precipitación anual que abarca desde 105 mm hasta 2603 mm, con un promedio de 722 mm. Los resultados evidencian una diferencia en los niveles de precipitación anual entre las regiones nativas y las áreas donde se han introducido, sin embargo, no fueron significativas ($p = 0,136$; Figura 2).



Figuras 2. Precipitación anual en los sitios con registros de presencia de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Ecuador, en otras zonas de invasión en Norteamérica y en la región nativa

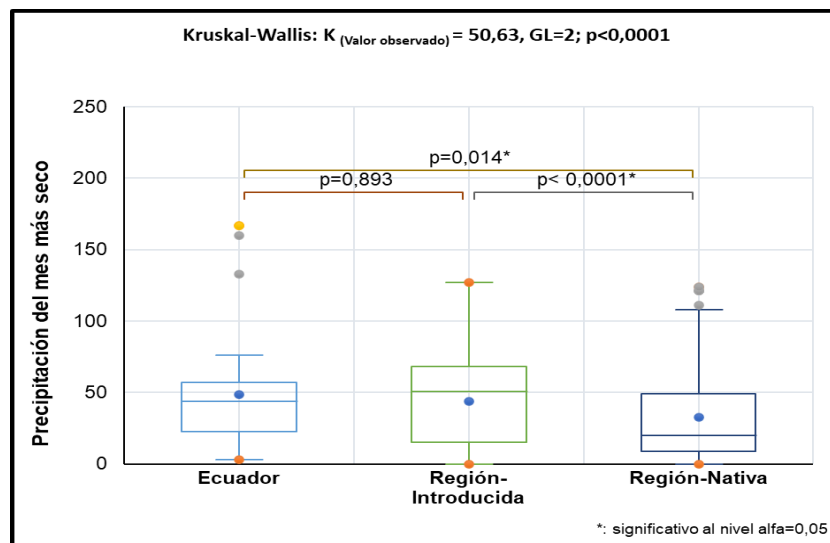
La precipitación durante el mes más húmedo en diversas regiones muestra niveles heterogéneos de influencia. En Ecuador, la precipitación media durante este período varió entre 94 y 157,4 mm, con un promedio de 111,5 mm y un máximo extremo de 427 mm. En contraste, en las zonas donde se ha introducido la trucha arcoíris, la precipitación fluctuó entre 15 y 195 mm, con un promedio de 88,34 mm y un máximo extremo de 463 mm, significativamente menor a Ecuador y a la región nativa ($p < 0,0001$; Figura 3). El área nativa mostró una precipitación que va desde 15 hasta 263 mm, con una media de 103,5 mm, lo que también indica una considerable variabilidad.



Figuras 3. Precipitación del mes más húmedo en los sitios con registros de presencia de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Ecuador, en otras zonas de invasión en Norteamérica y en la región nativa

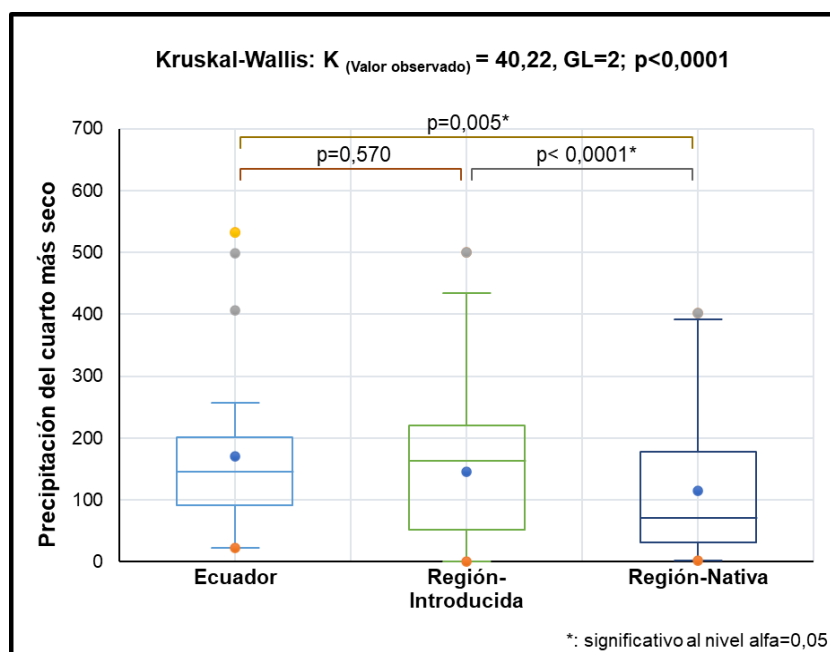
La precipitación del mes más seco varía considerablemente en Ecuador, oscilando entre 5,4 mm y 76 mm, con una media de 48,65 mm, similar ($p = 0,893$) a la precipitación en la región de introducción e invasión en Norteamérica (43,95 mm; Figura 4). Por otro lado, en las regiones nativas,

la precipitación del mes más seco fue mucho más baja, variando entre 5,4 mm y 111 mm, con una media de 25,20 mm y un valor máximo extremo de 124 mm ($p < 0,0001$; Figura 4).



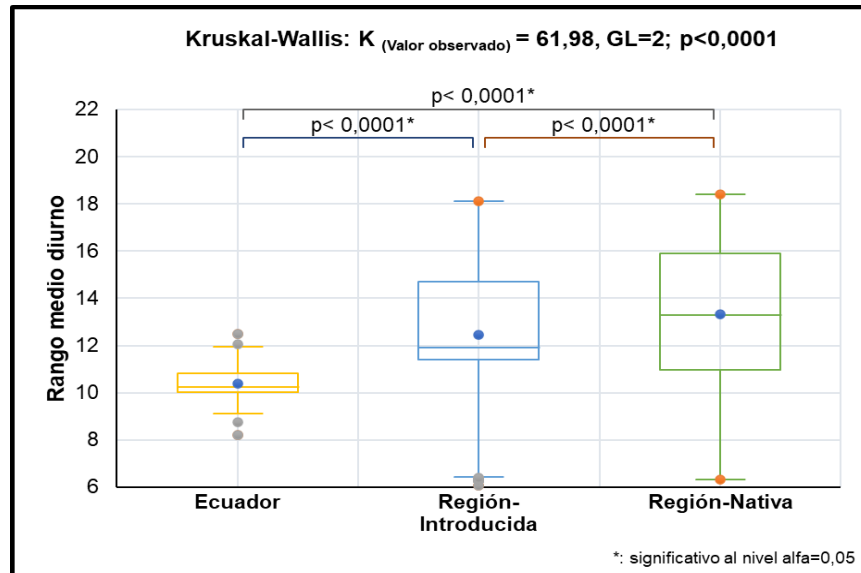
Figuras 4. Precipitación del mes más seco en los sitios con registros de presencia de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Ecuador, en otras zonas de invasión en Norteamérica y en la región nativa

La precipitación del trimestre más seco en estas áreas varía considerablemente. En regiones ecuatoriales, la precipitación anual varía entre 18 hasta 257 mm, con una media de 170,14 mm y valores dispersos de hasta 532 mm (Figura 5). En contraste, en regiones de introducción, la precipitación oscila entre 18 hasta 434 mm, con una media de 146,29 mm y valores dispersos de hasta 500 mm. En la región nativa muestran una variabilidad en la precipitación anual que va desde 18 hasta 402 mm, con una media de 71 mm (Figura 5). Sin embargo, los resultados indican que no hay diferencia significativa en la Precipitación del cuarto más seco, a pesar de no haber mencionado inicialmente tal comparación.

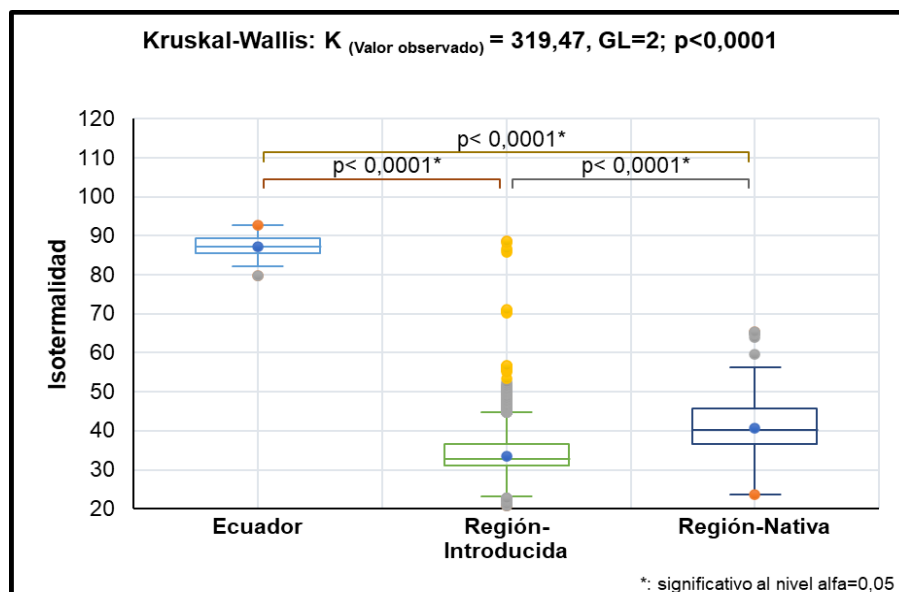


Figuras 5. Precipitación del trimestre más seco en los sitios con registros de presencia de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Ecuador, en otras zonas de invasión en Norteamérica y en la región nativa

El rango medio diurno (media mensual de la diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura mínima) en estas áreas muestra una influencia variable. En las regiones de Ecuador, el rango medio diurno osciló entre 8,76 hasta 12,05 °C, con una temperatura media de 10,38°C. En contraste, en las regiones donde ha sido introducida, la variación fue desde 6,42 hasta 18,125 °C, con una temperatura media de 12,43°C (Figura 6). La región nativa presenta una variabilidad que va desde 6,42 hasta 18,39 °C, con una temperatura media de 13,31°C. Sin embargo, los resultados muestran una diferencia significativa en el rango medio diurno, indicando una variación notable entre las áreas nativas y las introducidas.

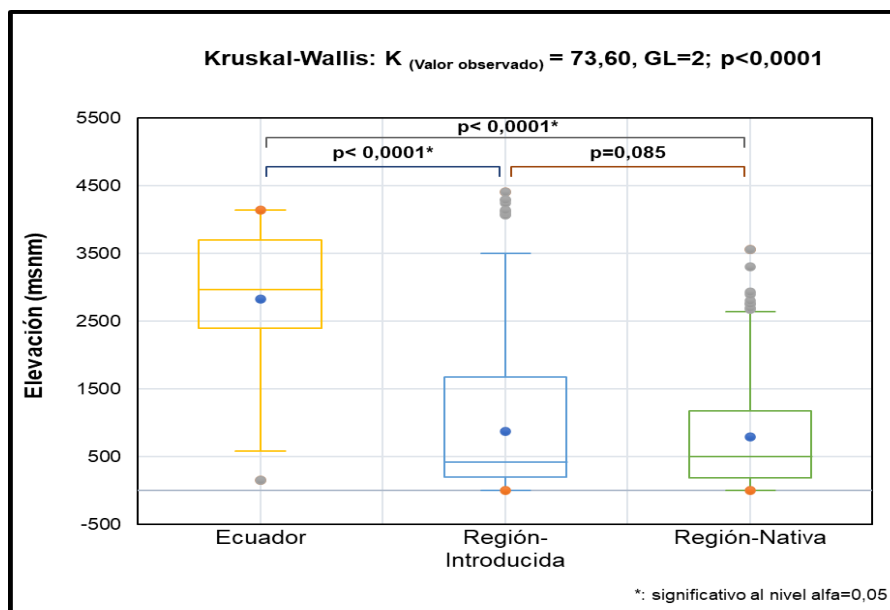


Figuras 6. Rango medio diurno en los sitios con registros de presencia de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Ecuador, en otras zonas de invasión en Norteamérica y en la región nativa La isothermalidad varió desde 79,82 hasta 92,83 para Ecuador, una media de 87,25, la más alta entre las tres regiones analizadas (Figura 7). Esto contrasta significativamente con las áreas de invasión, lo que indica una mayor variabilidad en las temperaturas en las regiones introducidas en comparación con las nativas.



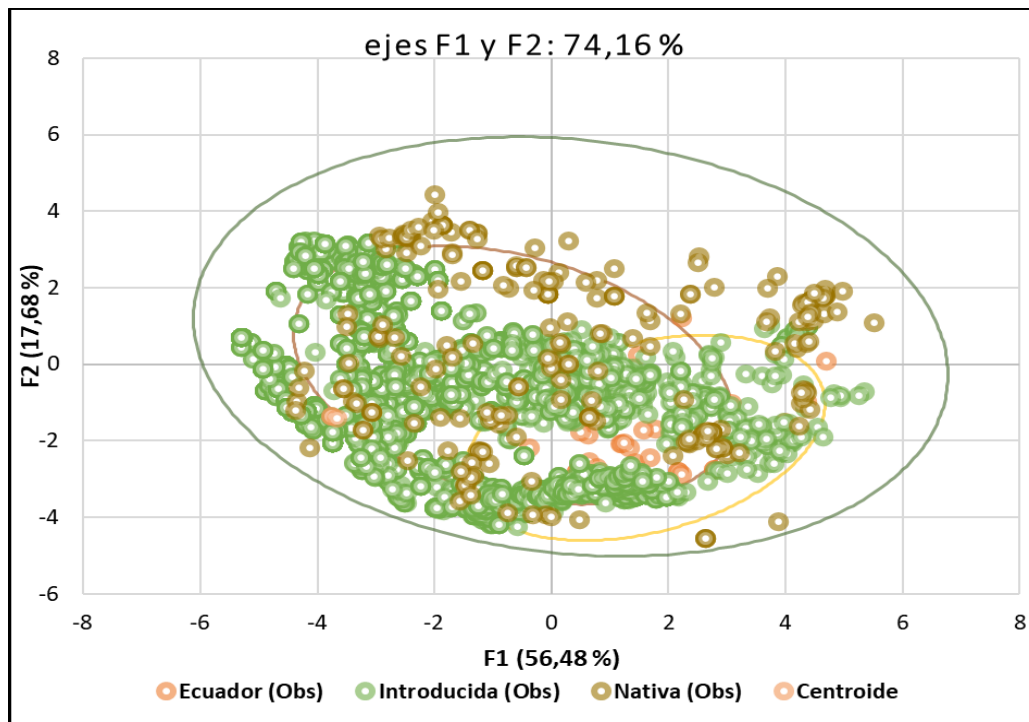
Figuras 7. Isotermalidad en los sitios con registros de presencia de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Ecuador, en otras zonas de invasión en Norteamérica y en la región nativa

Las truchas arcoíris se encuentran tanto en regiones nativas como introducidas, y su hábitat se ve influenciado principalmente por la elevación. En las regiones de Ecuador, la elevación varía entre 586 y 4146 msnm, con una media de 2830,2 m (Figura 8). Este valor fue significativamente mayor en comparación con las regiones introducidas, cuya elevación oscila entre -2 y 3502 m, con una media de 25,422 m.



Figuras 8. Elevación en los sitios con registros de presencia de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Ecuador, en otras zonas de invasión en Norteamérica y en la región nativa

El ACP mostró correlaciones significativas entre las variables y los primeros dos componentes, los cuales explicaron el 74,16% de la varianza de los datos (Figura 9). Las variables con más peso en el primer componente fueron de precipitación e incluyen dos de temperatura: temperatura mínima del mes más frío y rango anual de temperatura. La proyección de los dos primeros componentes formó una nube de puntos que refleja más de la mitad de la variabilidad de las 16 dimensiones del nicho ambiental de la trucha arcoíris, la cual mostró una extensión general semejante en sus registros en la región de introducción y aquellos de la región nativa (Figura 9). En el contexto de esta variación global, los registros de presencia en Ecuador continental se encuentran mucho menos restringidos y concentrados hacia uno de los extremos del nicho general. Esta baja centralidad sugiere que las condiciones en Ecuador no suelen ser las típicas para la especie, aunque aún se incluyen dentro del rango de variabilidad que puede soportar. Esta disposición sugiere que la especie aun no ocupa toda el área favorable donde podría proliferar e invadir en Ecuador, según su tolerancia ecológica ante la variabilidad climática (Figura 9).



Figuras 9. Espacio formado por la reducción de 16 dimensiones del nicho ambiental por medio de un Análisis de Componentes Principales (ACP), de la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* donde se compara la extensión del nicho en Ecuador continental, en relación con el nicho en la región de introducción en Norteamérica y en la nativa.

3.2. Rendimiento del modelo

De los 1581 modelos candidatos, 1578 modelos fueron identificados como estadísticamente significativos. Entre estos, se destacan cuatro modelos que cumplen con los criterios de tasa de omisión, así como 11 modelos que satisfacen los criterios AICc. Además, se identificó un modelo estadísticamente significativo que cumple con los criterios de omisión, junto con otros 11 modelos que cumplen tanto los criterios estadísticamente significativos como los criterios AICc.

La métrica de calidad del modelo final tuvo un AUCratio = 1.573, lo que indica alta capacidad predictiva y superioridad como un predictor eficaz en comparación con un modelo aleatorio. La tasa de omisión del 5% fue de 0,143, lo que refleja la robustez del modelo en términos de su capacidad para prevenir omisiones significativas. En cuanto al valor general del AUC entre todas las réplicas realizadas, el modelo final tuvo un buen rendimiento ($AUC = 0,881 \pm 0,027$).

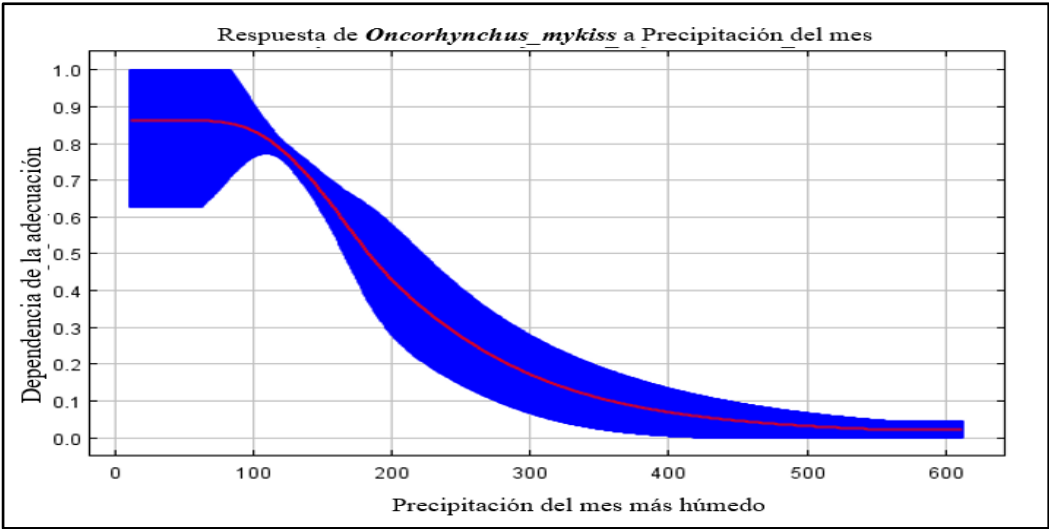
3.3. Contribuciones de las variables

La precipitación del mes más húmedo tuvo el mayor porcentaje de contribución al modelo (53,2%) y una importancia de permutación del 34,2% (Tabla 3). Asimismo, la isothermalidad mostró una relevancia considerable con una contribución del 28,8%. Sin embargo, el rango medio diurno y el rango anual de temperatura tuvieron los menores aportes al modelo.

Tabla 3. Análisis de las variables ambientales y su contribución porcentual en la modelación del nicho ecológico de la especie exótica invasora trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Ecuador continental.

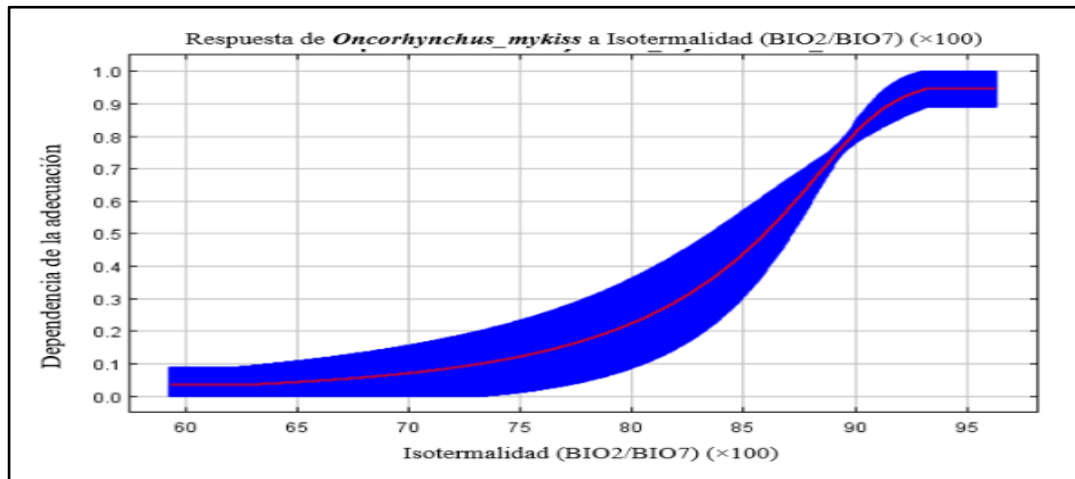
Variables	Porcentaje de contribución	Importancia de la permutación
Precipitación del mes más húmedo	53.2	34.2
Isotermalidad (BIO2/BIO7) (×100)	28.8	20.3
Precipitación del Cuarto Más Seco	11.2	26.9
Precipitación Anual	4.1	11.5
Rango medio diario (Media mensual (temperatura máxima – temperatura mínima))	2.5	5.9
La Rango Anual de Temperatura (BIO5–BIO6)	0.2	1.2

precipitación del mes más húmedo tuvo la mayor ganancia cuando se utiliza de forma aislada. De igual forma, esta variable es la que más disminuye la ganancia del modelo cuando se omite. Cuando la cantidad de precipitación alcanza alrededor de los 100 mm, la probabilidad de encontrar condiciones climáticas adecuadas para la especie disminuye, lo que disminuye la idoneidad (Figura 10).



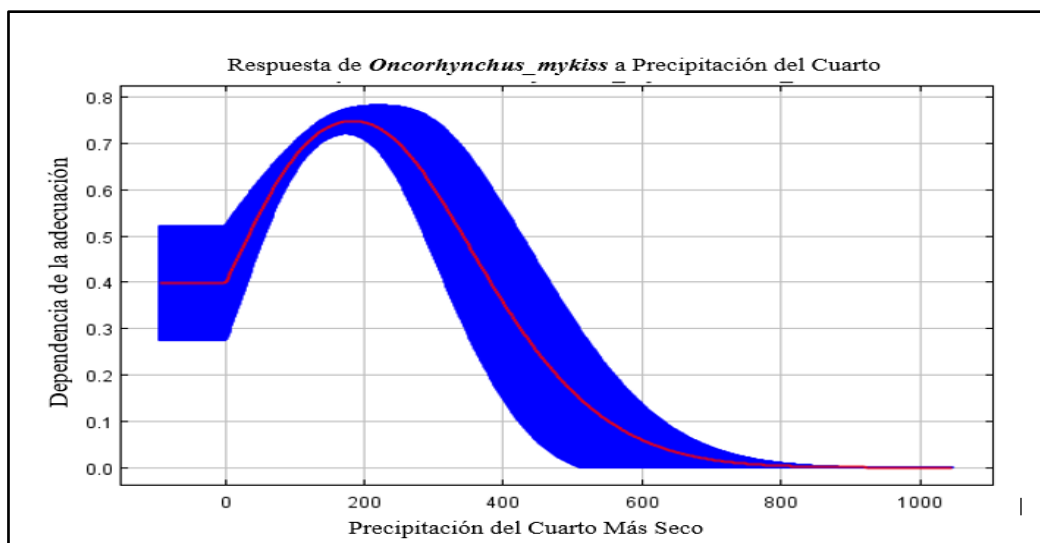
Figuras 10. Comportamiento de la adecuación climática de la trucha arcoíris frente a las variaciones de la precipitación del mes más húmedo, según el modelo del nicho ecológico de para Ecuador continental

De acuerdo con el análisis del modelo, los aumentos de la isotermalidad conducen a aumentos de la probabilidad de adecuación climática para la trucha arcoíris (Figura 11). A partir de valores de isotermalidad superiores a 93 se optimizan las condiciones climáticas para la especie en cuestión (Figura 11). Cualquier valor por debajo de este punto resulta en una disminución de la adecuación climática para dicha especie.



Figuras 11. Comportamiento de la adecuación climática de la trucha arcoíris frente a las variaciones de la isothermalidad, según el modelo del nicho ecológico de para Ecuador continental

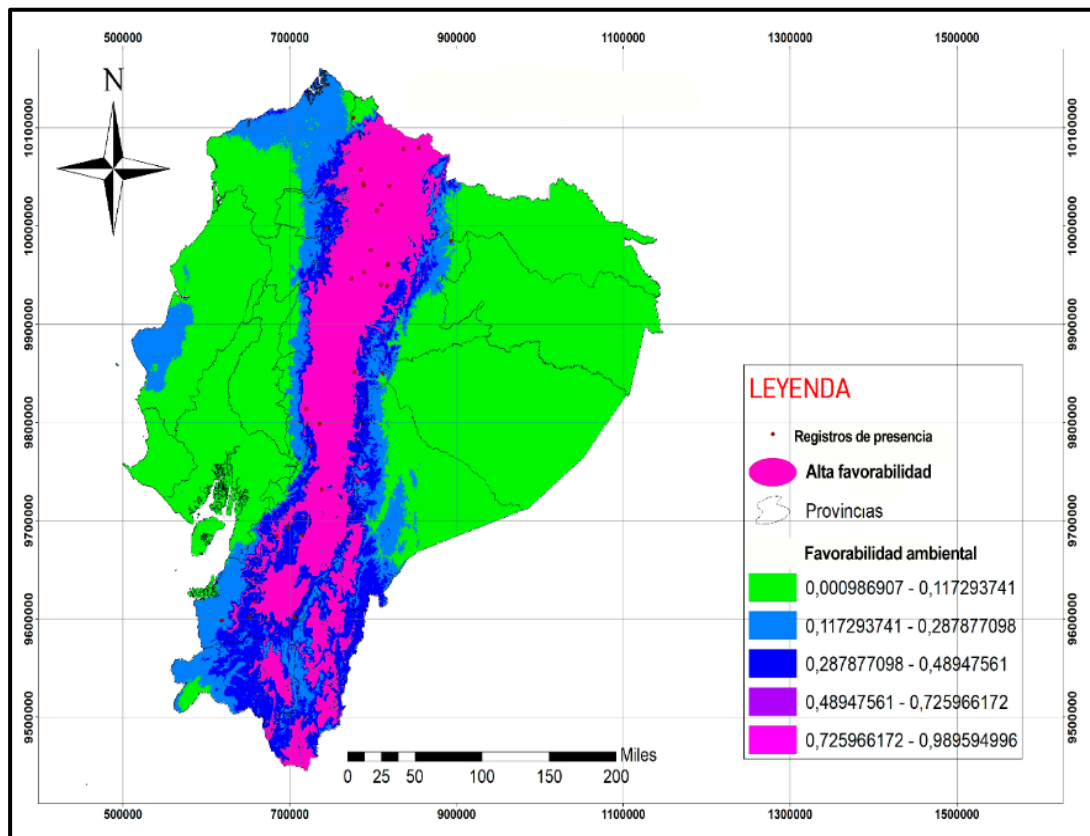
El comportamiento de la probabilidad de adecuación tuvo un patrón diferente frente a las variaciones en las precipitaciones durante el trimestre más seco. Existió un punto (198 mm) para el cual se maximiza la probabilidad de adecuación (Figura 12), por encima o por debajo de este valor de precipitaciones disminuye la adecuación para la especie.



Figuras 12. Comportamiento de la adecuación climática de la trucha arcoíris frente a las variaciones de la precipitación del cuarto mes más seco, según el modelo del nicho ecológico de para Ecuador continental.

Según la proyección espacial del modelo de nicho ecológico de la trucha arcoíris en Ecuador, se observó que las áreas que presentan condiciones climáticas adecuadas se encuentran principalmente en la región interandina (Figura 13). En estas zonas se ha identificado una mayor proporción de hábitats idóneos. El área favorable ocupa alrededor de 52,373 km²; sin embargo, es importante señalar que la cobertura de hábitats adecuados disminuye notablemente en las regiones

costeras y del oriente ecuatoriano, donde la disponibilidad de condiciones óptimas es más limitada (Figura 13).



Figuras 13. Distribución geográfica potencial de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Ecuador continental

La provincia Pichincha, ubicada en la región interandina de Ecuador, presentó la mayor extensión de condiciones climáticas favorables para la especie (6040,51 km²), en comparación al área de su territorio administrativo (9466,92 km²). Este análisis también señala a Zamora Chinchipe (5030,64 km²) y Chimborazo (4602,77 km²) como áreas con una gran extensión de área con condiciones ambientales favorables para la trucha (Figura 14).

Entre las provincias de menor extensión en Ecuador, se destacan Santo Domingo de los Tsáchilas, El Oro y Esmeraldas (Figura 14). Estas áreas, a pesar de su tamaño reducido en comparación con otras provincias, poseen una riqueza y diversidad notable. Por ejemplo, Santo Domingo de los Tsáchilas abarca aproximadamente (46,39 km² vs 3378,70 km²), en contraste con la extensa área de otras regiones. Similarmente, El Oro cubre una superficie de (801,34 km² vs 5866,82 km²), mientras que Esmeraldas se extiende por unos (909,60 km² vs 15854,52 km²).

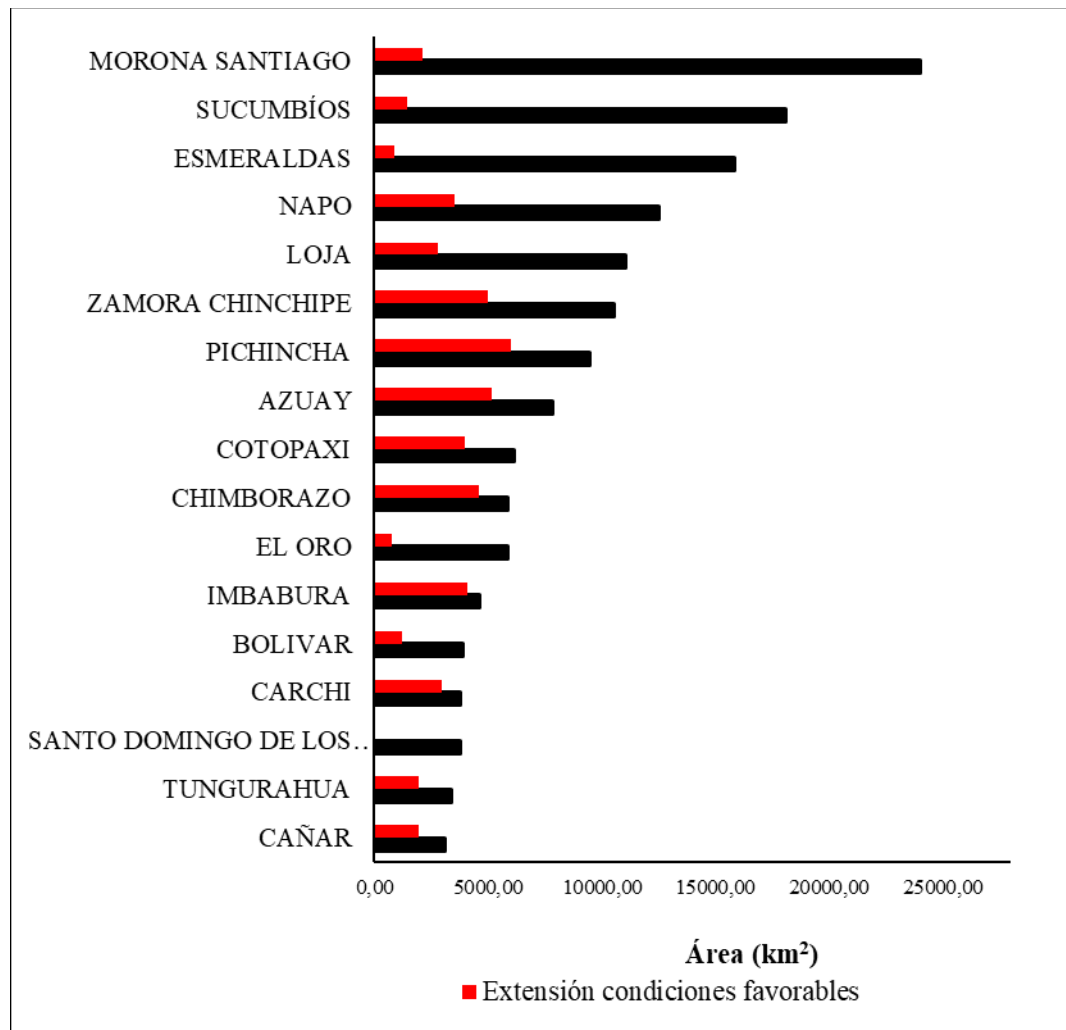


Figura 14. Comparación entre el área con condiciones favorables para la presencia de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en cada provincia y la extensión administrativa de estas en Ecuador continental.

El análisis espacial de la extensión de la distribución potencial de la trucha arcoíris dentro del SNAP de Ecuador indicó que de las 18 áreas protegidas identificadas como favorables para la distribución y expansión de la especie, el 33% tienen favorabilidad climática en la totalidad de su extensión territorial (Figura 14 y 15). Entre estas destacaron la Reserva Ecológica El Ángel (159,747 km² vs 159,74 5 km²), El Refugio de Vida Silvestre Pasochoa (6,320 km² vs 5,869 km²), la Reserva de Producción Faunística Chimborazo (530,932 km² vs 530,924 km²), la Reserva Geobotánica Pululahua (35,419 km² vs 35,418 km²), Parque Nacional Cotopaxi (322,555 km² vs 322,55 km²) y el Área Nacional de Recreación El Boliche (3,921 km² vs 3,920 km²). Estas áreas protegidas son las de mayor riesgo ecológico por la invasión de la trucha arcoíris, todas ubicadas en la región norte y centro de la cordillera andina ecuatoriana. Además, las áreas protegidas Reserva Ecológica Antisana (53%), Cayambe Coca (71,4%), Cotacachi Cayapas (50%) y Refugio de Vida Silvestre el Zarza (81%) tienen entre el 50 y el 81% del territorio con favorabilidad para la invasión de la trucha (Figuras 14 y 15). Se destaca la implicación de categorías de conservación de alta relevancia como la reserva ecológica y el parque nacional. Entre las 18 áreas protegidas, el 33% corresponde a Parques Nacionales, otro 33% corresponde a Reservas Ecológicas (Figura 15).

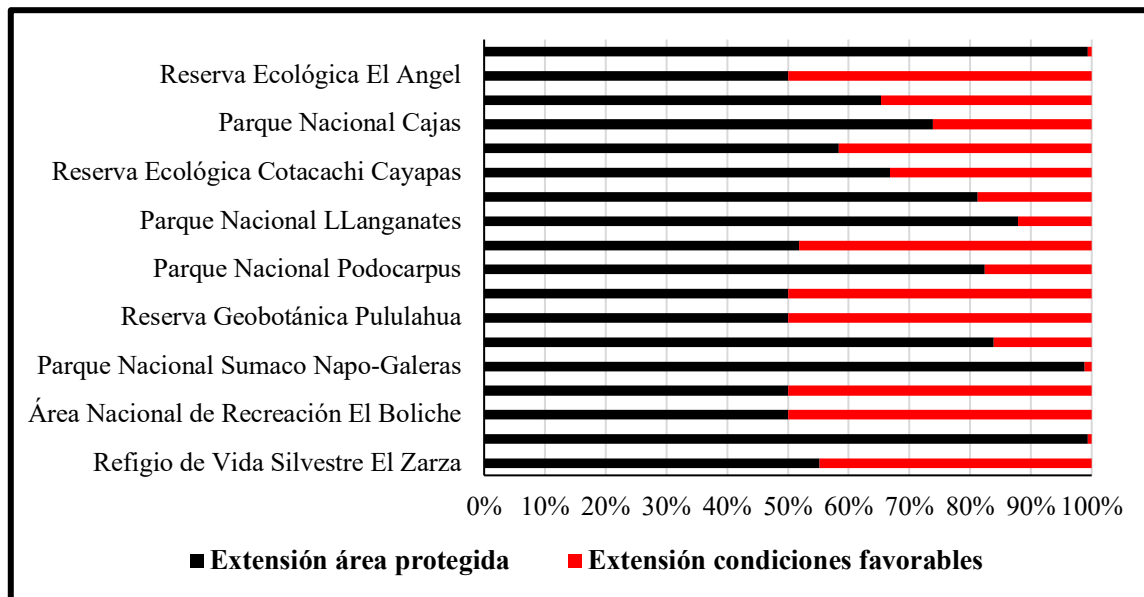


Figura 15. Distribución geográfica potencial de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Ecuador continental

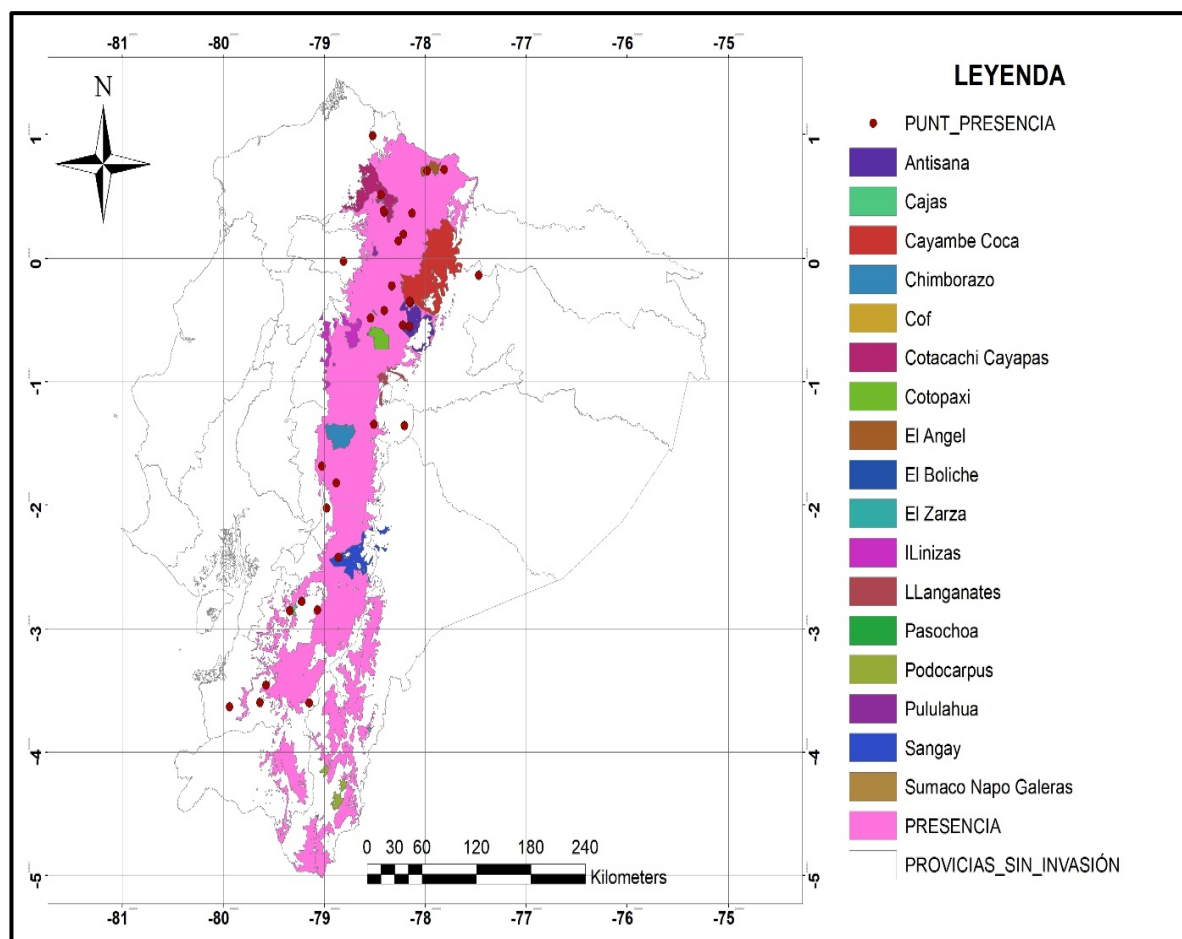


Figura 16. Relación entre la extensión de área favorable para la invasión de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador Continental y la extensión territorial-administrativa de las mismas.

4. Discusión

El estudio del potencial de invasión de especies exóticas como la trucha arcoíris en áreas protegidas, es esencial para la conservación de la biodiversidad. Las modelaciones de nicho ecológico ofrecen una herramienta clave en este contexto, permitiendo prever la expansión de estas especies invasoras y diseñar estrategias de manejo y control. En Ecuador, donde las especies invasoras representan una amenaza significativa para la biodiversidad, comprender el potencial de invasión de la trucha arcoíris es crucial para mitigar sus impactos negativos en los ecosistemas acuáticos nativos y protegidos. Esta evaluación brinda una visión más completa de los factores climáticos que podrían influir en el establecimiento y propagación de la trucha arcoíris en el entorno natural ecuatoriano.

La invasión potencial identificada en la región andina de Ecuador es consecuencia de las condiciones climáticas favorables para la especie en esta zona. La temperatura disminuye con la altitud, promediando entre 8 y 20°C entre 1500 y 3000 msnm, con un descenso de ~5°C por cada 1000 m. Estas condiciones climáticas coinciden con los resultados de [18], quienes han demostrado que la trucha arcoíris prefiere aguas frías y claras con altos niveles de oxígeno disuelto y baja turbidez. Estas condiciones son importantes para su supervivencia y reproducción. Además, [5] han señalado la importancia de la temperatura del agua y el flujo como factores clave que influyen en la distribución de la trucha arcoíris, destacando la vulnerabilidad de esta especie a los cambios ambientales, como el calentamiento global.

Aunque en este estudio se hayan utilizado variables del ambiente, la temperatura del agua en estos ríos andinos está relacionada directamente con la temperatura ambiente e inversamente con la altitud al disminuir la presión atmosférica. Las aguas de gran altitud de los Andes ecuatorianos carecen de peces autóctonos, pero la trucha arcoíris se ha introducido ampliamente y todos estos registros fueron predichos por el modelo resultante de esta investigación. Muchos de los lagos pequeños y poco profundos de gran altitud (3800–4300 msnm) en Ecuador están invadidos y dominados por la trucha. En estas aguas frías, esta especie consume principalmente a los macroinvertebrados bentónicos lo que produce efectos en la parte pelágica de las redes tróficas lacustres, principalmente en la comunidad de cladóceros [19].

Las truchas arcoíris son conocidas por ser carnívoras y su dieta varía según la disponibilidad de alimentos en su entorno. Investigaciones como la de [20], han examinado cómo la temperatura y el flujo del agua influyen en el comportamiento alimentario y la selección de hábitat, destacando su capacidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales. Esta plasticidad podría ser un foco de alerta ya que las truchas no tendrían dificultad en cuanto a la disponibilidad de fuentes de alimentos en cuencas bajas y ríos de la región costera o amazónica. Esta información es relevante si se integra con los resultados del modelo, que indicó que cuencas hídricas importantes y extensas de zonas bajas (ej. Esmeralda, Pastaza) tienen condiciones climáticas apropiadas para la especie. Esto no implica que la especie esté presente en la actualidad, pero podría esperarse cambios en su distribución a futuro, dependiendo de los cambios en los ecosistemas asociados a la disponibilidad de presas como consecuencia de varios factores sinérgicos como el cambio climático, la sobreexplotación pesquera y las invasiones biológicas.

Aun cuando hay favorabilidad ambiental en las cuencas bajas y que se conoce que los peces pueden vivir en un amplio rango de temperaturas, el sistema inmune no funciona igual en todas ellas, siendo las óptimas las mejores [10]. El incremento de 10 °C aumenta en un 15 % el metabolismo, lo que afecta la eficiencia alimentaria [21]. Por estas barreras ambientales asociadas al aumento de temperatura, turbiedad del agua y disponibilidad de oxígeno disuelto que varía en las

cuencas bajas asociado al aumento de actividades antropogénicas, además de los propios factores geográficos, las truchas se mantienen en las zonas altas interandinas y no bajan a los ríos costeros.

A su vez, según el modelo resultante, la isothermalidad influye y limita de manera significativa la distribución de la especie en Ecuador. La trucha arcoíris prefiere temperaturas más frescas y aguas bien oxigenadas, típicas de aguas frías de montaña. Cuando la isothermalidad aumenta entre el 80% y el 93%, indica una mayor uniformidad en la temperatura del agua, lo que puede ser beneficioso para el crecimiento y reproducción de las truchas. Esta mayor estabilidad térmica le proporciona a la trucha un ambiente más constante y menos estresante, lo que mejora su capacidad para encontrar alimento, mantener un metabolismo eficiente y reducir la competencia con otras especies adaptadas a fluctuaciones de temperatura, que aparecen generalmente en cuerpos hídricos a menor altitud. En este sentido, los menores valores de isothermalidad indicaron menor favorabilidad para la especie, en zonas bajas. Las zonas costeras o bajas suelen tener temperaturas más cálidas y fluctuantes, lo que no es favorable para las truchas.

La relación entre la isothermalidad y la altitud explica por qué las truchas arcoíris no descienden a zonas costeras o bajas, ya que estas áreas no ofrecen las condiciones ambientales óptimas para su desarrollo. Estos resultados coinciden con [22], quien indica que la presencia predominante de las truchas en la región interandina y no en la costa se debe a una combinación de factores ambientales y biológicos que hacen de las zonas montañosas un hábitat mucho más adecuado para esta especie. La temperatura del agua, la calidad y estructura del hábitat, la disponibilidad de alimento, y las condiciones necesarias para la reproducción son factores cruciales que determinan esta distribución geográfica. Adaptarse a estos factores ha permitido que las truchas prosperen en la región interandina, mientras que las condiciones menos favorables de la costa limitan su presencia en esas áreas, relacionado ello con la temperatura del agua y la altitud. En cambio, la [23] indica que la trucha arcoíris es un pez de rápido crecimiento, adaptable a diversos entornos donde predominan ríos y lagos de aguas frías, y es fácil de manejar. Sin embargo, son muy exigentes en cuanto a la calidad del agua, que debe ser limpia y con una alta concentración de oxígeno disuelto. Estos dos últimos parámetros, con los valores requeridos por la trucha, son difíciles de obtener en el contexto actual de contaminación de los cuerpos hídricos ecuatorianos en zonas bajas, razón que suma e incide sobre la baja probabilidad de encontrar condiciones adecuadas para la especie en ríos costeros y de zonas bajas. Es probable que esta especie sobreviva en dichas cuencas, pero menos probable que se convierta en invasora.

El uso de los modelos de nicho ecológico para predecir la distribución potencial de una especie invasora es un método potente [21], pero ha sido menos preciso para analizar los impactos potenciales, las vías de introducción y los eventos de introducción exitosos. Además, la heterogeneidad climática y geográfica de Ecuador dificulta la exactitud y precisión en cuanto a las estimaciones de distribución, sobre todo en salmónidos cuya distribución está estrechamente relacionada con las condiciones climáticas. La temperatura desempeña un papel fundamental en la crianza exitosa de la trucha arcoíris. Esta especie se desarrolla mejor en un rango de temperaturas de agua que va desde los 10°C hasta los 18°C. Sin embargo, cuando las temperaturas superan los 21°C, pueden surgir problemas como el estrés térmico, la disminución en el crecimiento y una mayor susceptibilidad a enfermedades. Por lo tanto, mantener una estabilidad térmica alta, que implica reducir las variaciones térmicas anuales, crea un entorno más constante y beneficioso para la acuicultura de la trucha arcoíris [24]. En este sentido, sería más apropiado seleccionar las cuencas fluviales como escala espacial de análisis, ya que son unidades hidrológicas compactas y coherentes que también reflejan los límites biogeográficos y ecológicos [24]. Aun así, aumentar la resolución de las evaluaciones disminuyendo la escala espacial del área de evaluación del riesgo mejoraría las

predicciones de la probabilidad de establecimiento e invasión de las especies de salmónidos, ya que con frecuencia muestran una adaptación local a cada entorno [24].

No es sorprendente que entre las variables más explicativas que determinan la distribución de la trucha arcoíris en Ecuador esté la isothermalidad. Esto se asocia justamente a la ecología de la especie, de aguas frías y nativa de cuencas del Pacífico de Norteamérica y el noreste de Siberia. Asimismo, otro estudio en Turquía identificó a la temperatura media anual mínima y máxima como las variables determinantes del modelo de distribución de la especie [24] lo que explica en gran medida por qué las cuencas fluviales septentrionales resultan más adecuadas para la trucha arcoíris en comparación con las regiones más cálidas situadas en el centro y el sur de Turquía [24].

Otros factores como el régimen de caudales[25], el tamaño del arroyo[26] y el gradiente [27] afectan la distribución y el establecimiento de las truchas arcoíris. En el presente estudio, la precipitación fue otra variable que podría explicar la mayor idoneidad del hábitat para las truchas. Esto podría atribuirse a la menor cantidad de precipitaciones en zonas altas de montaña, en comparación con la alta pluviosidad en zonas bajas y amazónicas del país.

Consideraciones para el manejo y control de la especie

Aunque el uso de especies no autóctonas tiene una importancia indispensable para la acuicultura a nivel mundial, también plantea riesgos considerablemente altos para la biodiversidad autóctona, ya que las especies acuáticas que se escapan pueden convertirse en invasoras en determinados entornos. A pesar de que se tomen todas las medidas pertinentes para evitar la fuga de organismos que se crían como peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas, es bien sabido que las especies se escapan. Esto no solo ocurre con las especies de peces, como es el caso del presente estudio, sino también con algunos mamíferos[28], plantas de jardín[29] y plantas acuáticas[30], las cuales podrían haberse introducido con éxito en muchas partes del mundo.

En términos de perspectivas al futuro, es crucial que se incorpore la probabilidad de escape de las granjas piscícolas para cuantificar el riesgo global de invasión de *O. mykiss*. Los escapes de peces de las granjas pueden ser perjudiciales tanto para las especies naturales como para los ingresos de la acuicultura. Además, debe tomarse en serio, especialmente en el caso de los puntos críticos de cría de la especie que están próximos a zonas importantes de biodiversidad.

Los resultados de esta investigación sobre la distribución de la trucha arcoíris proporcionan una visión importante sobre los factores que influyen en la propagación de esta especie invasora. Se ha descubierto que las áreas protegidas en la región interandina son particularmente susceptibles a la invasión, lo que resalta la necesidad de implementar medidas de control y erradicación en estas zonas. Además, el estudio revela una fuerte asociación entre variables climáticas como la precipitación y la isothermalidad sobre la idoneidad del hábitat para la trucha arcoíris. Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar los cambios climáticos en la planificación de estrategias de prevención, erradicación y/o control de especies invasoras en los ecosistemas ecuatorianos.

Uno de los puntos necesarios de manera inmediata es el establecimiento de programas de monitoreo para seguir de cerca la distribución y expansión de la trucha arcoíris en las áreas identificadas como favorables para su presencia. Se podrán realizar protocolos efectivos para el control y la erradicación de la trucha en áreas donde su presencia represente un riesgo significativo para la biodiversidad nativa. Se deben implementar medidas de control en áreas protegidas y cuencas hídricas de alto riesgo ecológico por su relación con el nivel de endemismo de anfibios que son afectados significativamente por las truchas[11]. Se debe llevar a cabo programas de restauración de hábitats naturales en áreas afectadas por la invasión de la trucha arcoíris, con un

enfoque en la recuperación de los ecosistemas acuáticos y la conservación de la diversidad biológica.

Otros elementos para tomar en consideración incluyen la realización de campañas de sensibilización sobre los impactos negativos de las especies invasoras, incluida la trucha arcoíris, en los ecosistemas naturales. La capacitación a la población sobre cómo prevenir la propagación de especies invasoras podría contribuir a la concientización ambiental para fomentar la cooperación y el intercambio de mejores prácticas. Es necesario continuar con investigaciones sobre la ecología y el comportamiento de la trucha arcoíris, así como las estrategias de control y erradicación más efectivas en el contexto de los ecosistemas nativos ecuatorianos. Esta investigación ayudará a mejorar la eficacia de las medidas de manejo a largo plazo, manteniendo el plan de manejo y control actualizado en función de nuevos hallazgos científicos y cambios en la distribución y abundancia de la trucha arcoíris. Esto garantizará que la estrategia se adapte a las condiciones cambiantes y continuará siendo efectivo en la protección de la biodiversidad de Ecuador.

Consideraciones finales

Aun se debate si los modelos de distribución de especies son lo bastante precisos para predecir el posible establecimiento y propagación de especies introducidas [31]. Según esta incertidumbre, sería necesario recopilar datos de campo para apoyar la validación del modelo obtenido. Se han identificado vacíos de información en el contexto científico y político para la gestión eficaz de las invasiones biológicas, que indican que las especies exóticas invasoras no se gestionan adecuadamente porque reciben menos atención por parte científicos, políticos y gestores [24]. Esto es esencialmente importante a la hora de abordar las especies exóticas invasoras mediante la prevención, la detección temprana, la respuesta rápida, la erradicación y el control, que se consideran todos financieramente exigentes[32]. En los casos en que las cuencas fluviales contienen tanto especies de peces nativos como trucha arcoíris, la aplicación de tales medidas depende en gran medida de las autoridades locales y de la percepción pública, principalmente debido al valor económico de esta especie. Sin embargo, dado que los resultados del presente estudio sugieren la presencia potencial en los ecosistemas protegidos y que se ha evidenciado en otros estudios el impacto negativo sobre especies de macroinvertebrados [19] y vertebrados[11], debería encontrarse un equilibrio entre los impactos ecológicos y los beneficios económicos de la trucha arcoíris.

5. Conclusión

El modelado del nicho ecológico para *Oncorhynchus mykiss* ha demostrado ser efectivo, con una capacidad predictiva elevada y un rendimiento sobresaliente en pruebas. Se destacan la isothermalidad y la precipitación como variables climáticas determinantes del modelo de distribución de la especie, en concordancia con la distribución de hábitats en aguas frías de altura, típicas de las preferencias de la trucha. La región Interandina de Ecuador representa una zona con alta probabilidad de presencia de la especie, debido a sus características ambientales favorables. Esta área constituye un entorno idóneo que puede adaptarse con facilidad a las necesidades biológicas y ecológicas de esta especie. Las condiciones climáticas, la calidad del agua y la disponibilidad de recursos en la región ofrecen un hábitat adecuado para el desarrollo y la sostenibilidad de la trucha arcoíris.

Las áreas protegidas, como Parques Nacionales y Reservas Ecológicas, están en mayor riesgo de invasión por la especie, ya que coinciden con más del 50% y 70% de sus distribuciones

potenciales. Esto podría resultar en significativos impactos ambientales adversos en estas zonas, destacando la necesidad de medidas preventivas y de gestión para proteger estos ecosistemas.

Contribución de autores: Todos los autores han contribuido sustancialmente al trabajo.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. Torres Chuquimarca, G.M. Estrategias preventivas a especies invasoras acuáticas en el interior del Golfo de Guayaquil en el 2011 2012.
2. Balmori, A. Utilidad de la legislación sobre especies invasoras para la conservación de las especies de galápagos ibéricos. *Boletín la Asoc. Herpetológica Española* **2014**, 25, 68–74.
3. Curiel, P.B. Las especies exóticas invasoras y el Derecho, con especial referencia a las especies acuáticas, la pesca recreativa y la acuicultura. *Rev. Catalana Dret Ambient.* **2012**, 3.
4. Ju, R.; Li, X.; Jiang, J.; Wu, J.; Liu, J.; Strong, D.R.; Li, B. Emerging risks of non-native species escapes from aquaculture: call for policy improvements in China and other developing countries. *J. Appl. Ecol.* **2020**, 57, 85–90.
5. Naman, S.M.; Rosenfeld, J.S.; Jordison, E.; Kuzyk, M.; Eaton, B.C. Exploitation of Velocity Gradients by Sympatric Stream Salmonids: Basic Insights and Implications for Instream Flow Management. *North Am. J. Fish. Manag.* **2020**, 40, 320–329, doi:10.1002/NAFM.10411.
6. Scott, D.; Irvine, J.R. Competitive exclusion of brown trout *Salmo trutta* L., by rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* Walbaum, in lake tributaries, New Zealand. *Fish. Manag. Ecol.* **2000**, 7, 225–237.
7. Weigel, D.E.; Peterson, J.T.; Spruell, P. Introgressive hybridization between native cutthroat trout and introduced rainbow trout. *Ecol. Appl.* **2003**, 13, 38–50.
8. Quiñonez I., E. “EVALUACIÓN DE LA SOBREVIVENCIA DE TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN LA ETAPA DE ENGORDE BAJO UN SISTEMA CON RECIRCULACIÓN DE AGUA EN PIMAMPIRO, IMBABURA”. **2017**, 10.
9. Martín-Torrijos, L.; Sandoval-Sierra, J.V.; Muñoz, J.; Diéguez-Urbeondo, J.; Bosch, J.; Guayasamin, J.M. Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) threaten Andean amphibians. *Neotrop. Biodivers.* **2016**, 2, 26–36, doi:10.1080/23766808.2016.1151133.
10. Martha V. Buenaño C. Hemograma de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en tres etapas de producción en la cuenca alta de la provincia del Napo, Ecuador. *Boletín Técnico, Ser. Zoológica* **2019**, 9, 2.
11. JLaura Martín-Torrijos a , José Vladimir Sandoval-Sierraa , Jesús Muñoz C.A, J.D.-U. aJaime B. b yJuan M.G. Trucha arcoiris (*Oncorhynchus mi beso*) amenazan a los anfibios andi. *Biodivers. Neotrop.* **2016**, 2.
12. Krynak, K.L.; Wessels, D.G.; Imba, S.M.; Krynak, T.J.; Snyder, E.B.; Lyons, J.A.; Guayasamin, J.M. Call survey indicates rainbow trout farming alters glassfrog community composition in the Andes of Ecuador. *Amphib. Reptil. Conserv.* **2020**, 14, 1.
13. Vimos, D.J.; Encalada, A.C.; Ríos-Touma, B.; Suárez, E.; Prat, N. Effects of exotic trout on benthic communities in high-Andean tropical streams. *Freshw. Sci.* **2015**, 34, 770–783, doi:10.1086/681540.

14. GBIF GBIF: Global Biodiversity Information Facility 2023.
15. Cobos, M.E.; Peterson, A.T.; Barve, N.; Osorio-Olvera, L. kuenm: an R package for detailed development of ecological niche models using Maxent. *PeerJ* **2019**, *7*, e6281.
16. Fick, S.E.; Hijmans, R.J. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.* **2017**, *37*, 4302–4315, doi:10.1002/JOC.5086.
17. Ranjitkar, S.; Sujakhu, N.M.; Lu, Y.; Wang, Q.; Wang, M.; He, J.; Mortimer, P.E.; Xu, J.; Kindt, R.; Zomer, R.J. Climate modelling for agroforestry species selection in Yunnan Province, China. *Environ. Model. Softw.* **2016**, *75*, 263–272, doi:10.1016/j.envsoft.2015.10.027.
18. Rossi, G.J.; Power, M.E.; Carlson, S.M.; Grantham, T.E. Seasonal growth potential of *Oncorhynchus mykiss* in streams with contrasting prey phenology and streamflow. *Ecosphere* **2022**, *13*, 4211, doi:10.1002/ecs2.4211.
19. Amán, J. LA PRODUCCION DE LA TRUCHA ARCO IRIS EN EL DESARROLLO LOCAL , MENCION PLANIFICACION DESARROLLO Y OREDENAMIENTO TERRITORIAL. *Unach* **2023**, 53.
20. Keeley, E. R., et al. (2020). «Temperature and flow regulate habitat selection and movements by bull trout (*Salvelinus confluentus*) in a thermally heterogeneous stream.» **2020**, *65*(6), 1154–1167.
21. Ibarra-Montoya, J.L.; Rangel-Peraza, G.; Fernando, ; González-Farias, A.; De Anda, J.; Martínez-Meyer, E.; Macias-Cuellar, H. Uso del modelado de nicho ecológico como una herramienta para predecir la distribución potencial de *Microcystis* sp (cianobacteria) en la Presa Hidroeléctrica de Aguamilpa, Nayarit, México. *Rev. Ambient. Água* **2012**, *7*, 218–234, doi:10.4136/AMBI-AGUA.607.
22. Barriga, R. LISTA DE PECES DE AGUA DULCE E INTERMAREALES DEL ECUADOR *. *Rev. Politécnica* **2012** **2011**, *3*, 83–119.
23. FAO FAO Fisheries & Aquaculture – Programa de información de especies acuáticas – *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) Disponible en: https://firms.fao.org/fi/website/FIRetrieveAction.do?dom=culturespecies&xml=Oncorhynchus_mykiss.xml&lang=es (accedido 30 mayo 2024).
24. Yoğurtcuoğlu, B.; Bucak, T.; Ekmekçi, F.G.; Kaya, C.; Tarkan, A.S. Mapping the Establishment and Invasiveness Potential of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Turkey: With Special Emphasis on the Conservation of Native Salmonids. *Front. Ecol. Evol.* **2021**, *8*, 1–16, doi:10.3389/fevo.2020.599881.
25. Kurt D. Fausch, Yoshinori Taniguchi, Shigeru Nakano, Gary D. Grossman, C.R.T. LOS REGÍMENES DE PERTURBACIÓN POR INUNDACIONES INFLUYEN EN EL ÉXITO DE LA INVASIÓN DE LA TRUCHA ARCOÍRIS EN CINCO REGIONES HOLÁRTICAS. *J. Am. Chem. Soc.* **2001**, *123*, 2176–2181.
26. Rahel, F.J.; Olden, J.D. Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species. *Conserv. Biol.* **2008**, *22*, 521–533.
27. Adams, S. Mechanisms limiting a vertebrate invasion: Brook trout in mountain streams of the northwestern United States of America. *Grad. Student Theses, Diss. Prof. Pap.* **1999**.
28. Simberloff, D.; Martin, J.L.; Genovesi, P.; Maris, V.; Wardle, D.A.; Aronson, J.; Courchamp, F.; Galil, B.; García-Berthou, E.; Pascal, M.; et al. Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends Ecol. Evol.* **2013**, *28*, 58–66, doi:10.1016/J.TREE.2012.07.013.
29. SARAH HAYDEN REICHARD Y PETER WHITE La horticultura como vía de introducción de plantas invasoras en Estados Unidos Disponible en: [https://bioone.org/journals/bioscience/volume-51/issue-2/0006-3568\(2001\)051%5B0103%3AHAPOI%5D2.0.CO%3B2/Horticulture-as-a-Pathway-of-Invasive-Plant-Introductions-in-the/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0103:HAPOI\]2.0.CO;2.short](https://bioone.org/journals/bioscience/volume-51/issue-2/0006-3568(2001)051%5B0103%3AHAPOI%5D2.0.CO%3B2/Horticulture-as-a-Pathway-of-Invasive-Plant-Introductions-in-the/10.1641/0006-3568(2001)051[0103:HAPOI]2.0.CO;2.short) (accedido 25 noviembre 2024).
30. Meinesz, A.; Hesse, B. Introduction of the tropical alga *Caulerpa taxifolia* and its invasion of the

- northwestern Mediterranean. *Oceanol. Acta* **1991**, *14*, 415–426.
31. Raffini, F.; Bertorelle, G.; Biello, R.; D'Urso, G.; Russo, D.; Bosso, L. From nucleotides to satellite imagery: Approaches to identify and manage the invasive pathogen *Xylella fastidiosa* and its insect vectors in Europe. *Sustainability* **2020**, *12*, 4508.
32. Britton, J. R., Gozlan, R. E., and Copp, G.H. 2011. Managing non-native fish in the environment. *עלון* 6–17, 66, **2011** *הנניטע*, doi:10.1111/j.1467-2979.2010.



© 2024 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

Estudio sobre la evolución de los procesos de trasplante en Ecuador y la influencia del soporte nutricional en la recuperación de pacientes.

Jorge Oswaldo Bolagay Romero ¹  Ana Karina Giler Daza ²  Bryan Xavier Daza Daza ³  Annie Julisa Delgado Mendoza ⁴ 

¹ Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social – IESS. Quito, 170157 Ecuador.

² Instituto Nacional de Donación y Trasplante de Órganos Tejidos y Células – INDOT. Quito, 170157, Ecuador.

³ Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), 130101, Ecuador. <https://orcid.org/0009-0000-4441-0472>

⁴ Investigadora Independiente. Rocafuerte, 131201, Ecuador. <https://orcid.org/0009-0009-7016-635X>

✉ Correspondencia: email.institucional@autor.com  + 593 992739762

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj73189>

Resumen: Este análisis examina el avance de los trasplantes de córnea en Ecuador, resaltando el impacto del apoyo nutricional en la recuperación postoperatoria. Mediante un análisis de la bibliografía científica y la información nacional, se examinan los progresos en políticas públicas, tecnología quirúrgica y capacitación profesional, que han potenciado la accesibilidad y el éxito de estos procedimientos. Además, se analiza cómo una correcta alimentación, abundante en antioxidantes y vitaminas vitales, ayuda a disminuir las complicaciones postoperatorias, promoviendo la cicatrización y la incorporación del injerto. Los descubrimientos resaltan que la fusión de tácticas multidisciplinarias y tecnológicas, sumadas al apoyo nutricional, resulta esencial para mejorar los resultados de los trasplantes corneales en la nación. No obstante, aún existen retos en la infraestructura sanitaria y en la sensibilización pública sobre la donación de órganos.

Palabras claves: trasplante de córnea, soporte nutricional, políticas de salud, avances tecnológicos, Ecuador.

Study on the Evolution of Transplant Processes in Ecuador and the Influence of Nutritional Support on Patient Recovery

Abstract: This study analyzes the progress of corneal transplants in Ecuador, emphasizing the influence of nutritional support on postoperative recovery. Through a review of scientific literature and national data, advancements in public policies, surgical technology, and professional training are explored, highlighting their role in improving accessibility and success rates of these procedures. Additionally, it examines how proper nutrition, rich in antioxidants and essential vitamins,

Green World Journal /Vol 07/Issue 03/ 189/ September- December 2024 /www.greenworldjournal.com



Cita: Bolagay Romero, J. O., Giler Daza, A. K., Daza Daza, B. X., & Delgado Mendoza, A. J. (2024). Estudio sobre la evolución de los procesos de trasplante en Ecuador y la influencia del soporte nutricional en la recuperación de pacientes. Green World Journal, 07(03), 189. <https://doi.org/10.53313/gwj73189>

Received: 30/October/2024

Accepted: 30/November/2024

Published: 12/December/2024

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.



© 2024 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>

helps reduce postoperative complications, promoting graft healing and integration. The findings underscore that the combination of multidisciplinary and technological strategies, along with nutritional support, is key to optimizing corneal transplant outcomes in the country. However, challenges remain in medical infrastructure and public awareness of organ donation.

Keywords: corneal transplant, nutritional support, health policies, technological advancements, Ecuador.

1. Introducción

En años recientes, los trasplantes de córnea se han establecido como uno de los procedimientos más comunes y eficientes en Ecuador, debido a los progresos tecnológicos, las leyes favorables y los programas de donaciones. No obstante, al igual que en otros trasplantes de tejidos y órganos sólidos, el triunfo del procedimiento no solo se basa en estos elementos, sino también en cuidados subsiguientes cruciales, como la nutrición. Este último juega un papel esencial en la rehabilitación del paciente, al afectar la cicatrización y la incorporación del injerto, lo que resalta su importancia en el ámbito quirúrgico y de salud pública (1).

Hasta agosto de 2024, según el INDOT, se llevaron a cabo un total de 509 trasplantes a escala nacional. El 65,42% (n=333) de estos son trasplantes, son de córneas. El trasplante de córnea es una intervención quirúrgica que implica reemplazar el tejido corneal deteriorado por uno saludable. Se reconoce como una de las intervenciones quirúrgicas con mayor rendimiento (2).

En este contexto, en Ecuador, los pacientes tienen la posibilidad de recibir un trasplante de córnea sin costo mediante la Red Pública Integral de Salud, sin importar si pertenecen al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. El INSPI e INDOT están desarrollando un medio de cultivo para el mantenimiento y traslado de córneas. Este proyecto satisface la demanda del país, después de la escasez global de productos médicos (3).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Donación y Trasplante de Órganos, Tejidos y Células (INDOT), la cantidad de trasplantes de córnea ha crecido en los últimos diez años, principalmente gracias a la mejora en la disponibilidad de donantes y a la puesta en marcha de políticas públicas que fomentan la donación de tejidos. Además, la implementación de técnicas quirúrgicas de vanguardia ha incrementado notablemente las tasas de éxito y la recuperación de los pacientes sometidos a trasplantes de córnea. Procedimientos como la queratoplastia endotelial y el trasplante lamelar han facilitado una recuperación visual más ágil y disminuyen los riesgos de rechazo en comparación con los trasplantes penetrantes convencionales. Estos han sido factibles gracias al entrenamiento constante de oftalmólogos expertos en cirugía corneal, así como a la cooperación con entidades internacionales que promueven la formación y el avance de protocolos en cirugía ocular (4).

El soporte nutricional es otro aspecto esencial post-trasplantes, sin embargo, suele estar relacionado con trasplantes de órganos sólidos (corazón, riñones, hígado, entre otros),

pero, también tiene un rol significativo en el trasplante de córnea, en particular en la gestión de la inflamación y en la restauración de los tejidos. A pesar de que la literatura sobre la nutrición en trasplante de córneas es escasa, una nutrición adecuada, rica en antioxidantes y nutrientes esenciales como las vitaminas A y C, es crucial para mantener la salud de la superficie ocular y promover una recuperación eficaz del injerto. Los pacientes que reciben un cuidado nutricional adecuado exhiben una resistencia superior a infecciones postoperatorias y una mayor habilidad para cicatrizar (5). Para los trasplantes de córnea, una nutrición adecuada puede ser crucial para la adaptación y la integración del tejido implantado, reduciendo así los riesgos de problemas como el rechazo inmunológico y la opacidad del injerto (6).

El propósito de esta investigación es llevar a cabo un análisis detallado que trate tanto el progreso de la actividad trasplantológica en Ecuador, desde las modificaciones en la política de donación hasta la implementación de técnicas quirúrgicas innovadoras, así como el papel del soporte nutricional en la recuperación visual y en la estabilización del injerto.

El trasplante de córnea sustituye el tejido corneal deteriorado con el tejido sano de un donante. Pese a que este método tiene una historia de siglos, su éxito no se consolidó hasta el siglo XX, cuando el trasplante corneal completo se estableció como la norma. Desde aquel momento, se han hecho progresos notables en la gestión de indicaciones, factores de riesgo y rechazos, debido a mejoras en los bancos de córneas, la tecnología de microscópicos y los equipos quirúrgicos. En las dos últimas décadas, el método ha progresado, posibilitando trasplantes que solo sustituyen la capa dañada de la córnea. Este progreso ha promovido la implementación de trasplantes lamelares profundos y endoteliales, técnicas menos invasivas que optimizan la recuperación y disminuyen la posibilidad de rechazo (7).

En los últimos diez años, la práctica del trasplante de órganos y tejidos en Ecuador ha tenido un notable avance, motivado principalmente por el robustecimiento de las políticas de salud pública, la aplicación de tecnología de vanguardia en los procedimientos y un incremento en el énfasis en el bienestar postoperatorio de los pacientes. Dentro de los tejidos más trasplantados, la córnea sobresale como uno de los tejidos con más demanda y éxito, gracias a su habilidad para recuperar la visión en pacientes con afecciones corneales degenerativas y cicatrices en los ojos (8).

Mario Herrera, director del Instituto Nacional de Donación y Trasplante de Órganos, Tejidos y Células (INDOT), una entidad del Ministerio de Salud Pública, resalta que, desde el inicio del Gobierno de El Nuevo Ecuador, se han llevado a cabo 551 trasplantes exitosos en el país. Esto representa un aumento del 23 % en comparación con el periodo anterior, en el cual se realizaron 448 trasplantes. El Estado ecuatoriano garantiza la cobertura total de los procesos de trasplante, y en ese marco ha derivado a 54 pacientes a proveedores

internacionales para asegurar su atención. De acuerdo con el Registro Oficial de la Actividad de Donación y Trasplante en América Latina y el Caribe (DONASUR), Ecuador ocupa el cuarto lugar en la región en trasplantes per cápita, con una tasa del 55.14 %, y el tercer lugar en trasplantes de córnea (35.08 %), superado solo por Brasil y Uruguay. Cada trasplante refleja el progreso alcanzado, gracias al compromiso de los profesionales y las instituciones del Sistema Nacional de Salud y la solidaridad de la comunidad (9).

Políticas de salud y su influencia en la donación y trasplante de tejidos en Ecuador

La implementación de normativas y leyes en Ecuador ha jugado un papel fundamental en la mejora de la disponibilidad de órganos y tejidos para trasplantes. En los últimos diez años, la nación ha implementado cambios en las políticas públicas que otorgan prioridad al acceso y robustecen los programas de donación de órganos. Este trabajo se ha enriquecido con campañas de concienciación pública y formación en donación de órganos, aumentando la disponibilidad de córneas y otros tejidos requeridos para efectuar trasplantes (4). Estas medidas gubernamentales han facilitado un acceso más justo al trasplante de córnea, que se ofrece sin costo a través de la Red Pública Integral de Salud. Esto ha contribuido a incrementar las tasas de trasplante en la población de Ecuador.

El incremento en el número de trasplantes efectuados en Ecuador, especialmente de córnea, ha sido notable en los últimos diez años. En este escenario, el trasplante de córnea resalta, dado que representa el 65,42% del total de trasplantes en la nación hasta agosto de 2024 (10). La implementación de tecnologías de vanguardia en la preservación de córneas, como la utilización de medios de cultivo creados por el INSPI e INDOT, ha posibilitado que el proceso de trasplante se realice de forma más eficaz, cubriendo la demanda en aumento y superando obstáculos logísticos de mantenimiento y transporte (11)

La cooperación con organismos internacionales, el progreso en técnicas quirúrgicas como la queratoplastia endotelial y los trasplantes lamelares, junto con la formación constante de los oftalmólogos en Ecuador, han jugado un papel crucial en el progreso de los trasplantes de córnea. Estos métodos han incrementado los índices de éxito y disminuido los periodos de recuperación visual en contraposición al trasplante penetrante, que implica un mayor riesgo de rechazo y complicaciones postoperatorias (3).

La normativa sanitaria en Ecuador, especialmente en lo que respecta a la donación y trasplante de órganos y tejidos, ha desempeñado un rol crucial en la expansión de los trasplantes. Las políticas gubernamentales, en parte promovidas por el INDOT, tienen como objetivo mejorar la disponibilidad de donantes y promover la cultura de donación en la nación. Las regulaciones de Ecuador, en concordancia con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la OPS, han facilitado que el trasplante de

córnea sea gratuito para los pacientes mediante la Red Pública Integral de Salud, suprimiendo obstáculos financieros para los beneficiarios, sin importar si están afiliados al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.

El marco regulatorio también dicta directrices para la elección y formación de profesionales sanitarios que participan en los procesos de trasplante, lo que resulta vital para la viabilidad y el triunfo de estos programas. La actualización de la normativa ha favorecido que Ecuador se posicione entre los países de la región con las tasas más altas de trasplante de córnea, resaltando la dedicación del país a mejorar constantemente el acceso a esta clase de intervención (12).

Progresos en los métodos quirúrgicos y formación profesional

El avance en los métodos quirúrgicos ha jugado un rol crucial en el incremento de las tasas de éxito en los trasplantes de córnea en Ecuador. La implementación de técnicas como la queratoplastia endotelial y el trasplante de lentes ha facilitado una recuperación visual más ágil y reducido los riesgos de rechazo, en contraposición a los trasplantes penetrantes tradicionales (13)

La cirugía asistida por tecnología robótica y láser ha revolucionado múltiples campos quirúrgicos gracias a su precisión y capacidad para realizar procedimientos complejos, incluso permitiendo la cirugía remota. Aunque en oftalmología esta tecnología no ha sido adoptada ampliamente, se desarrollan prototipos que mejoran las técnicas y resultados quirúrgicos, brindando mayor control, reducción de temblores y mejor visualización. La robótica es prometedora en este campo, particularmente en cirugías de alta precisión que demandan largas horas y pueden llevar a problemas musculoesqueléticos en los cirujanos. Además, la queratoplastia lamelar anterior, impulsada por el microquerátomo y el láser de femtosegundo, ha resurgido como un método efectivo para reemplazar selectivamente capas corneales, minimizando el rechazo endotelial y ofreciendo mejores resultados visuales (14).

Este progreso se ha logrado gracias a la formación continua de los expertos médicos en cooperación con entidades internacionales, lo que ha propiciado la implementación de prácticas innovadoras en la cirugía ocular en la nación, por lo que el Instituto Nacional de Órganos, Tejidos y Células, organismo vinculado al Ministerio de Salud Pública, con el objetivo de reestructurar programas de cursos de formación con el objetivo de mantener una organización hospitalaria óptima e influir en la actitud proactiva de la población hacia la donación (15).

Soporte nutricional en pacientes post-trasplantes

El respaldo nutricional, usualmente vinculado a los trasplantes de órganos sólidos, también tiene un rol fundamental en los trasplantes de córnea. Su influencia es

particularmente destacada en el manejo de la inflamación y la recuperación de los tejidos oculares. Es esencial una alimentación apropiada, abundante en antioxidantes y nutrientes vitales como las vitaminas A y C, para preservar la salud de la superficie ocular y simplificar la incorporación del injerto. Investigaciones actuales han evidenciado que los pacientes que reciben un correcto soporte nutricional muestran una reducción en la incidencia de infecciones postoperatorias y una recuperación más veloz. La alimentación tiene un rol crucial en disminuir el rechazo al injerto, al robustecer el sistema inmunológico y potenciar la resistencia ocular (6).

Después de un trasplante de córnea, es crucial una nutrición adecuada para contribuir a la curación y asegurar efectos positivos y prolongados. Es vital mantener una alimentación rica en nutrientes, incluyendo antioxidantes como las vitaminas A, C y E, para garantizar la protección ocular y reducir la inflamación. La ingesta de alimentos abundantes en Ácidos grasos Omega-3 y proteínas magras contribuye a la regeneración celular y robustece el sistema inmunológico, contribuyendo a prevenir posibles infecciones en los ojos (16).

Igualmente, mantener una correcta hidratación es potencialmente esencial para evitar la sequedad ocular (un problema común postoperatorio). Es crucial evitar alimentos que puedan interactuar con fármacos, como aquellos con un elevado contenido de vitamina K, ya que pueden alterar el proceso de coagulación sanguínea y disminuir los peligros de una operación quirúrgica. Estas costumbres alimenticias contribuyen a agilizar la curación y la persistencia del injerto ocular (17).

Adicionalmente, se ha notado que la condición nutricional de los pacientes puede afectar la respuesta inmunológica, lo que resulta crucial para la incorporación del tejido corneal trasplantado. Estos descubrimientos han fomentado un creciente interés en elaborar estrategias de apoyo nutricional específicas para pacientes que requieren un trasplante de córnea, incorporando la nutrición como un componente esencial del cuidado postoperatorio en la nación (18).

Retos y oportunidades en la optimización de los procedimientos de trasplante

Pese a los éxitos obtenidos, Ecuador todavía afronta retos en el campo de los trasplantes, particularmente en términos de la viabilidad de los programas de donación y la entrega de tecnologías médicas de vanguardia. La necesidad de materiales médicos importados y la reciente falta global de productos sanitarios han incentivado a organizaciones como el INSPI y el INDOT a elaborar un método de cultivo local para el mantenimiento y traslado de córneas, garantizando la continuidad de los trasplantes en la nación (3). La formación de cultivos locales no solo cubriría la necesidad nacional, sino que también podría disminuir los gastos y promover la autogestión en el sistema sanitario de Ecuador.

Aunque frecuentemente no se menciona este tema, es conocido que una adecuada alimentación es esencial para la salud visual, ayudando a prevenir enfermedades degenerativas y potenciando la función visual. Elementos nutricionales fundamentales, como las vitaminas A, C y E, junto con los carotenoides, resultan imprescindibles para la defensa de las células oculares, disminuyen el estrés oxidativo y promueven la regeneración de tejidos. Estos nutrientes son esenciales para la salud de las retinas y la prevención de varios trastornos como las cataratas y la degeneración macular, varios estudios indican que una alimentación abundante en antioxidantes puede incrementar la agudeza visual hasta un 30%, resaltando la relevancia de adoptar hábitos de alimentación saludables desde la infancia, especialmente en personas con familiares con historial de afecciones visuales. (6)

2. Materiales y métodos

La metodología de este estudio se basa en un análisis descriptivo y comparativo para analizar la literatura vinculada a los procedimientos de trasplante de córnea en Ecuador durante los últimos diez años, poniendo un énfasis adicional en el rol del soporte nutricional en la recuperación de los pacientes. El objetivo es analizar la progresión de los trasplantes corneales en la nación, comparando los datos pasados con los presentes, y estudiando factores esenciales como el número de trasplantes efectuados, los tipos de órganos implantados, las políticas de salud pública, el marco normativo y los progresos tecnológicos en los procedimientos.

Las fuentes seleccionadas deben cumplir con los siguientes criterios:

Selección: Artículos académicos y reportes de instituciones gubernamentales, como el Instituto Nacional de Donación y Trasplante de Órganos, Tejidos y Células (INDOT), el Ministerio de Salud Pública (MSP) de Ecuador, y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), publicados en los últimos 10 años (2014-2024).

Exclusión: Fuentes no relacionadas específicamente con el trasplante de córnea o que no aporten datos recientes. Se excluyen también documentos sin revisión por pares o sin una base de evidencia sólida.

Se recolectaron datos de bases de datos académicas como PubMed, Scopus y Web of Science, sumado a reportes y publicaciones de entidades oficiales y de ciencia. La investigación bibliográfica se enfocó en conceptos fundamentales como "trasplante de córnea en Ecuador", "asistencia nutricional en trasplantes", "avances tecnológicos en cirugía corneal" y "políticas de salud pública en Ecuador".

La elección de los documentos seguirá un proceso de evaluación que destacará la importancia de cada fuente en función del propósito del estudio. Primero, se llevará a cabo un análisis de títulos y resúmenes para garantizar que los textos traten directamente la

progresión de los trasplantes en Ecuador. Después, se revisarán los documentos en su totalidad para detectar información relevante, tales como la cantidad de trasplantes efectuadas anualmente, los tipos de órganos implantados, las modificaciones en los procesos de selección y formación del personal sanitario, y las innovaciones tecnológicas utilizadas.

Para el estudio de la progresión de los trasplantes, se elaborará un esquema temporal que categorice los descubrimientos en lapsos de cinco años, simplificando la comparación de los datos y destacando las transformaciones y tendencias más destacadas. Para esta revisión se hallará apartados temáticos, como avances tecnológicos, incremento en la tasa de trasplantes, cambios en políticas públicas y normativas, estrategias de capacitación de profesionales, soporte nutricional post-trasplantes.

Finalmente, se incorporará un debate crítico donde se analizarán los elementos que han promovido o restringido el avance en los trasplantes en Ecuador, teniendo en cuenta tanto factores logísticos como retos regulatorios y éticos. Este debate proporcionará un estudio detallado del efecto de las políticas aplicadas y su vínculo con la disponibilidad de servicios de trasplante, y se expondrán sugerencias fundamentadas en la bibliografía para favorecer la creación de prácticas eficientes y sostenibles en el futuro del sistema de trasplantes nacional.

3. Resultados

Desde diciembre de 2011, Ecuador ha retomado la adquisición y tratamiento de córneas nacionales gracias al Banco Nacional de Tejidos y Células (BANTEC), luego de una interrupción de seis años debido al cierre del Banco de Ojos del Club de Leones de Quito. Durante este periodo, los trasplantes de córnea solo se realizaban con tejidos importados, lo cual implicaba altos costos (entre 1,000 y 2,500 dólares), accesibles únicamente para pacientes con recursos. Desde la reactivación de BANTEC, las córneas nacionales, que se caracterizan por su alto conteo celular y su procedencia de donantes jóvenes, han sido asignadas a pacientes en hospitales públicos acreditados como el Pediátrico Baca Ortiz, el Eugenio Espejo y el Abel Gilbert Pontón (19).

Figura1. Número de trasplantes de tejidos de córneas en el año 2014.

PROCEDENCIA DE LA CÓRNEA	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
REPORTE DE CORNEAS IMPORTADAS	34	90	97	277	249	237	259	269
CORNEAS NACIONALES	0	0	0	0	36	170	88	128
Total Trasplantes	34	90	97	277	285	407	347	397

Fuente: INDOT (2014)

El marco legal de Ecuador refuerza este sistema a través, del Art. 50 de la Constitución y el Art. 15 de la Ley Orgánica de Donación y Trasplante establecen la creación del Sistema Nacional Integrado de Donación y Trasplantes como parte del Sistema Nacional de Salud en Ecuador. Este sistema, financiado por el Estado busca garantizar la atención a personas con enfermedades graves o de alta complejidad que requieren trasplantes. La legislación asegura que estos pacientes tengan acceso a atención especializada y gratuita, en todos los niveles del sistema de salud, de manera oportuna y preferente. Esta estructura legal refuerza el derecho a la salud de los ciudadanos, promoviendo la equidad en el acceso a los servicios médicos esenciales para salvar vidas a través de trasplantes (19).

El Instituto Nacional de Donación y Trasplante (INDOT) lidera las políticas de donación y trasplante con un enfoque de mejora continua, su gestión incluye la regulación, coordinación logística, fomento, suministro, supervisión y valoración de las actividades de donación, extracción, conservación y distribución de estos recursos, con el objetivo de fortalecer el sistema nacional y garantizar suficiencia, eficiencia y efectividad en la ejecución de las políticas públicas del sector (19).

El avance normativo ha sido clave para incrementar el número de donantes y mejorar la percepción ciudadana sobre la donación de órganos. En 2013, se registraron 63 donantes cadavéricos, el mayor número hasta ese momento, posteriormente se logró estabilizar alrededor de 50 donantes al año. Estas regulaciones más precisas y la nitidez en la asignación de órganos, consiguieron fomentar la donación y mejorar la percepción de las personas. Durante el período 2019-2023, la consolidación de estas políticas permitió un aumento sostenido en los trasplantes, evidenciando una creciente madurez del sistema. La Ley Orgánica de Donación y Trasplante establece que, salvo manifestación en contrario, todos los ciudadanos ecuatorianos son donantes automáticos al fallecer. Esta disposición ha sido fundamental para promover la donación como un derecho y una responsabilidad cívica, fortaleciendo la actividad trasplantológica en el país (20).

Adicionalmente, el INDOT en 2022 lanzó la estrategia "Establecimiento de Salud Amigo de la Donación", la cual fortalece la integración de los hospitales al proceso de donación, buscando mejorar la identificación y gestión de donantes (21). En 2020, la asignación presupuestaria para este sistema fue de \$1,281,023.00, lo que refleja el compromiso del Estado con la administración y planificación financiera de los proyectos. Sin embargo, persisten carencias significativas en equipos, personal y materiales, especialmente en el Banco Nacional de Tejidos. Estas deficiencias podrían afectar la eficacia y calidad de los servicios ofrecidos. Además, se necesita mejorar la infraestructura para la administración de documentos y reforzar el equipo técnico médico para garantizar la continuidad y excelencia en los procesos de procuración y trasplante (22). Lo que puede observarse en la **Figura 2**.

Figura 2. Ejecución presupuestaria del año fiscal 2019 por grupo de gasto

GRUPO DE GASTO	PRESUPUESTO CODIFICADO	PRESUPUESTO EJECUTADO	PORCENTAJE DE EJECUCIÓN
510000 - GASTOS EN PERSONAL	1,114,052.00	1,026,012.07	97.47%
530000 - BIENES Y SERVICIOS DE CONSUMO	158,886.00	97,863.69	70.48%
570000- OTROS GASTOS CORRIENTES	8,085.00	5,557.95	89.01%

Fuente: INDOT (2020).

La acreditación y reacreditación de centros de salud han sido cruciales para garantizar la calidad y seguridad de los procedimientos. En 2014, instituciones como el Hospital Luis Vernaza, la Clínica Finlandia y el Hospital José Carrasco Arteaga obtuvieron acreditaciones para realizar trasplantes de córneas y riñones (19). Para 2023, la Dirección Técnica de Regulación, Control y Gestión de Calidad completó 50 procedimientos de acreditación, de los cuales 41 fueron exitosos, evidenciando un alto grado de cumplimiento con los estándares. Sin embargo, algunos procedimientos fueron archivados o están en proceso, lo que indica áreas pendientes de mejora (23), como se observa en la **Tabla 3**.

Figura 3. Establecimientos de salud y servicios de apoyo acreditados en la actividad trasplantológica

Trasplante renal	Adulto	7
	Adulto/pediátrico	2
	Pediátrico	1
Evaluación Pre y Post Trasplante	Pediátrico	1
Trasplante hepático	Adulto	2
Trasplante cardíaco	Adulto	2
Trasplante de córneas	Adulto/pediátrico	23
	Adulto	14
	Pediátrico	2
Trasplante de progenitores hematopoyéticos autólogo y Alogénico	Adulto	2
	Adulto - Pediátrico	2
Banco de sangre de cordón umbilical	**	2
Banco de Tejidos	**	2
Laboratorio de Histocompatibilidad	**	6
Almacenamiento definitivo de tejidos	**	11
TOTAL		79

Fuente: Dirección Técnica de Regulación, Control y Gestión de Calidad, INDOT (2023).

En 2014, el INDOT ha capacitado aproximadamente 1,900 profesionales sanitarios mediante varios programas, como el Curso de Comunicación en Situaciones Críticas, realizado en conjunto con la ONT de España. Este curso se enfoca en formar a los expertos en la gestión del luto y la transmisión de malas noticias. Así también, se han realizado cursos sobre inmunología, trasplantes y procedimientos técnicos, potenciando las habilidades de los médicos y otros expertos. Estas acciones han resultado fundamentales para mejorar la gestión y realización de los procedimientos de donación y trasplante en Ecuador (19).

La capacitación continua del personal de salud, ha sido trascendental para la evolución

del sistema de trasplantes en el Ecuador, convirtiéndose en un componente clave en cuanto al éxito de los programas de ablación corneal. Dentro de la estrategia “Establecimiento de Salud Amigo de la Donación”, se han venido implementando talleres y programas de entrenamiento para que el personal se prepare y tenga mayor experiencia en la identificación de donantes y la ejecución de procedimientos complejos de esta área. Dichos programas han mejorado la competencia técnica de los médicos y el personal de salud, enfocando todo hacia mejores resultados clínicos y una mayor seguridad para los pacientes. Asimismo, la capacitación integral es fundamental para asegurar la calidad y seguridad de los trasplantes en todo el país (21)..

Debido al elevado nivel técnico que requieren estos procedimientos, los programas de capacitación continua son esenciales para el sistema de trasplantes en el Ecuador. En los últimos años, el INDOT y el Ministerio de Salud Pública (MSP), han implementado varios programas de formación técnica, talleres de comunicación para situaciones críticas y opciones de capacitación virtual. Esto ha permitido al personal manejar no solo aspectos médicos, sino también las interacciones sensibles con familiares de donantes y receptores (21).

La formación también incluye aspectos como la evaluación pre-trasplante, la gestión de complicaciones post-quirúrgicas y el seguimiento a largo plazo de los receptores, lo cual permite un enfoque multidisciplinario en la atención (24). Asimismo, la capacitación en comunicación, ha sido trascendental, brindando talleres específicos para mejorar el manejo de noticias difíciles. En 2023, 70 profesionales fueron entrenados en técnicas de comunicación en situaciones críticas, fortaleciendo la empatía y mejorando la aceptación de la donación (25).

Además, la colaboración con entidades educativas ha sido fundamental para la implementación de planes, programas y proyectos en el sector de la donación y trasplante. Se han firmado acuerdos con varias instituciones educativas, como el Ministerio de Educación (MINEDUC), para llevar a cabo el proyecto STEAM, así como proyectos con el Instituto Tecnológico Universitario de Cine y Actuación (INCINE) para la creación de productos multimedia y la ejecución de prácticas pre profesionales. Asimismo, la Universidad de las Américas (UDLA) ha cooperado en la validación académica de programas de especialidad. Estas medidas también han contemplado capacitación internacional para los empleados del INDOT, tal como la obtenido en España. (22).

El Programa de Procuración y Ablación de Globos Oculares y Córneas, implementado por la DTPIPS ha sido fundamental. Es un programa semipresencial que se ofrece de manera regular con el apoyo de las Coordinaciones Zonales del INDOT. En su edición más reciente, se administraron las listas de los hospitales involucrados, documentando la asistencia de 156 profesionales sanitarios, como se puede observar en la **Figura 4**. No

obstante, el curso se canceló debido a la crisis de salud causada por la pandemia de Covid-19. En cambio, los Cursos Online, como el de Operación del Sistema Nacional de Donación y Trasplante, se encuentran accesibles en la plataforma EDUCA INDOT. El curso de procuración realizado en septiembre bajo la modalidad virtual permitió continuar con la formación de los profesionales de la salud, adaptándose a las restricciones impuestas por la pandemia (22). El cual se muestra en la **Figura 5**.

Figura 4. Participantes por Zona INDOT

ZONA	PARTICIPANTES
COORDINACIÓN ZONAL 1	68
COORDINACIÓN ZONAL 2	35
COORDINACIÓN ZONAL 3	53
TOTAL	156

Fuente: INDOT (2020)

Figura 5. Participantes por establecimiento de salud

HOSPITAL	PARTICIPANTES
FAMILIAES/AMIGOS INDOT	20
HOSPITAL DOCENTE DE CALDERON	5
EMPRESA SONDA	37
HOSPITAL GENERAL TEÓFILO DÁVILA	23
HOSPITAL CLINICA SAN FRANCISCO	35
HCAM	5
HPBO	12
PUCE	21
HEE	18
HOSPITAL VOZANDES	12
TOTAL	188

Fuente: INDOT (2020).

En 2023, el INDOT fortaleció sus operaciones mediante acuerdos interinstitucionales, como el realizado en LATAM Airlines Ecuador S.A. para organizar el transporte aéreo de personal médico especializado, órganos, tejidos, muestras de sangre, materiales hospitalarios e instrumentos quirúrgicos. Además, en colaboración con CEDIA, se llevaron a cabo cinco sesiones ECHO en conjunto con las Coordinaciones Zonales del INDOT, centradas en asuntos vinculados a la donación y trasplante de órganos. Del mismo modo, el 25 de octubre de 2023, se estableció un acuerdo con Avianca Ecuador S.A., el cual contempló la donación de 40 boletos aéreos anuales para el traslado de pacientes o personal médico, favoreciendo de esta manera las operaciones de donación y trasplante actuales (23).

Estos avances están estrechamente ligados al desarrollo tecnológico y las actualizaciones en procedimientos quirúrgicos, marcando una evolución notable desde los inicios del programa en 1976. Durante las primeras etapas los recursos eran escasos y los

procedimientos se llevaban a cabo en centros médicos con tecnología elemental y sin un sistema de registro centralizado. Los trasplantes se basaban en donantes vivos y en criterios clínicos sencillos para su selección, lo que resultaba en un acceso limitado a inmunosupresores actuales, incrementándose así el riesgo y la probabilidad de rechazo y dificultando la supervivencia del injerto. La ausencia de normativas y de una organización estructurada obstaculizó el progreso del programa, que únicamente se robusteció con la Ley Orgánica de Donación y Trasplante en 2011. (26).

A lo largo de los años, Ecuador ha introducido avances notables en los métodos de preservación de órganos y mejora del tiempo de respuesta durante el procedimiento de trasplante, por ejemplo, el Establecimiento de Salud Amigo de la Donación, mejoró la logística de conservación y transporte, lo que ha propiciado un incremento en la tasa de éxito en trasplantes (21). Estos progresos resultan cruciales para disminuir los índices de rechazo de órganos y potenciar la supervivencia postoperatoria en los pacientes.

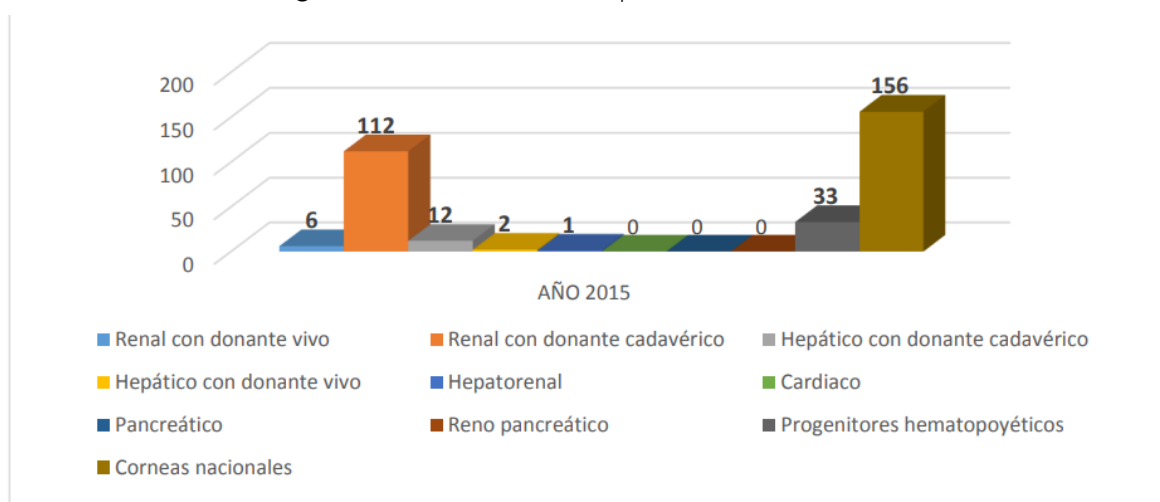
Un área de gran avance ha sido el trasplante corneal, centrándose sobre todo en la transformación de los criterios de preservación, elección de donantes y optimización en métodos quirúrgicos, potenciando la recuperación postoperatoria y disminuyendo las complicaciones, además de haberse mejorado la exactitud y eficacia del trasplante. Por ejemplo, el procedimiento de trasplante de córneas ha progresado con métodos menos invasivos como la queratoplastia lamelar profunda (DARK) y la queratoplastia endotelial laminar profunda (DLEK), que únicamente sustituyen las capas deterioradas de la córnea, acelerando la recuperación visual y minimizando los riesgos. Conjuntamente, se han implementado progresos tecnológicos como el uso de láser de femtosegundo, que incrementa la exactitud en la confección de tejidos (13).

Gracias a dichos avances, durante los últimos diez años han mejorado los avances tecnológicos en los trasplantes, lo cual refleja una mejoría en la eficiencia y seguridad de los trasplantes en el Ecuador. La implementación de sistemas modernos para la conservación de órganos ha sido trascendental. Por ejemplo, los trasplantes de córneas, aumentaron de 36 en el año 2011 a 537 en el 2023, demostrando el impacto de la tecnología en cuanto a la optimización de los procedimientos (2).

En 2014, el sistema de salud de Ecuador registró 50 donantes de órganos efectivos, lo que facilitó la realización de trasplantes en 105 pacientes. El INDOT, en colaboración con el MSP, gestionó la distribución de órganos mediante la Lista de Espera Única Nacional, garantizando así transparencia y equidad. Cabe destacar que el 96% de los ecuatorianos cedulaados conservaron su deseo de contribuir como donantes, mientras que 18 centros sanitarios aportaron a la generación de estos. En el mismo año, se registraron 349 pacientes en la lista de espera, coordinando la ejecución de 310 procedimientos de donación y trasplante, con un porcentaje de eficacia del 30% (19).

Al año siguiente, en 2015, Ecuador experimentó un aumento del 26% en los donantes multiorgánicos en comparación con 2014, con 63 identificados y 39 efectivos de tejidos, este incremento evidencia una mejora en la la formación médica, la accesibilidad a infraestructura vital y la rapidez en los servicios hospitalarios. La Red Pública de Salud, que contaba con 133 camas de UCI, consiguió una eficiencia del 27 %, superando a la Red Complementaria, que con 215 camas de UCI solo logró un 12 % de eficiencia, lo que subraya la importancia de maximizar los recursos existentes en la última. Ese año, se llevaron a cabo 322 trasplantes en todo el país, de las cuales el 48% (n=156) fueron trasplantes de córneas, lo que evidenció una alta demanda de este tipo de trasplantes (27). Como se puede observar en la **Figura 6**.

Figura 6. Actividad de trasplante año 2015



Fuente: Coordinación General Técnica INDOT (2015)

Desde que se estableció la Ley Orgánica de Donación y Trasplante de Órganos, Tejidos y Células en 2011, se ha observado un aumento en las tasas de trasplante en Ecuador. No obstante, la pandemia de COVID-19 tuvo un efecto adverso en la tasa de donantes por millón de personas (DPM), descendiendo a 1.64 en 2020. Sin embargo, para septiembre de 2022, esta tasa se había incrementado de nuevo a 3.94 DPM (28). Esto es, en parte, debido al gran esfuerzo del INDOT y a las campañas de concienciación que fomentan la donación como un gesto de solidaridad nacional (20)

Entre 2014 y 2018, el sistema de trasplantes en Ecuador experimentó una expansión y consolidación inicial, con un incremento notable del número de trasplantes, que pasó de 105 en 2014 a 717 en 2018. Dicho crecimiento fue resultado de políticas públicas efectivas y una mejora significativa en la infraestructura médica, permitiendo un aumento en los trasplantes corneales y un avance en la capacidad técnica del sistema de salud. Durante el periodo 2019 y 2023, el sistema alcanzó una etapa de madurez con un incremento sostenido, culminando en un total de 877 trasplantes. La eficacia mejorada del sistema y

la creciente aceptación pública de la donación de órganos, fueron cruciales para este desarrollo. Durante este lapso, los trasplantes renales y corneales continuaron siendo los procedimientos más comunes, dejando en evidencia la estabilidad y solidez del sistema de trasplantes del país, así como la demanda persistente en este tipo de procedimientos (2).

En 2023, Ecuador logró un total de 877 trasplantes de órganos, tejidos y células. De estos, 239 fueron trasplantes de órganos, lo que constituye el 27% del total, lo que muestra un porcentaje considerable en el cuidado de pacientes que requieren órganos vitales. Un porcentaje significativamente superior, el 61% (537 trasplantes), se atribuyó a trasplantes de tejido corneal, lo que señala una elevada demanda y una sólida capacidad operativa en este tipo de intervenciones. Los 101 trasplantes de células progenitoras hematopoyéticas constituyeron el restante 12%, resaltando así la relevancia del trasplante de células en el manejo de patologías hematológicas y oncológicas (23). Estos datos pueden reflejarse en la Figura 3.

Figura 7. Trasplantes en Ecuador por tipo, 2023.



Fuente: INDOT (2023).

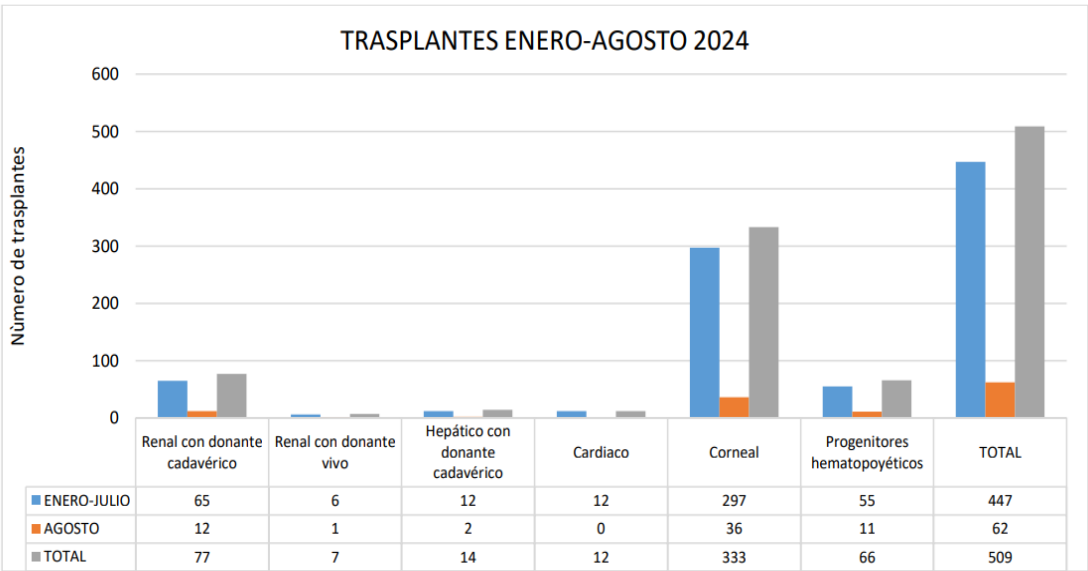
En el ámbito de los trasplantes de tejidos corneales, 537 procedimientos se llevaron a cabo utilizando córneas de donantes cadavéricos: el 64% (346) se llevó a cabo con córneas de procedencia nacional, en cambio, el resto (191) empleó córneas de procedencia internacional. El número de trasplantes en septiembre fue el más alto (79), lo que demuestra un incremento en la disponibilidad y eficiencia del sistema de asignación. La mayoría (67,92%) tuvo lugar en la Coordinación Zonal 1 - Quito, siendo la Zona 3 (20,23%) la siguiente y la Zona 2 (11,85%). El Hospital de Especialidades Eugenio Espejo registró el mayor número de trasplantes, seguido por el Carlos Andrade Marín (23,12%) y el José Carrasco Arteaga (8,96%). Estos tres centros hospitalarios son las instituciones líderes en la ejecución de trasplantes corneales en la nación (23).

Aunque en 2024 hubo una disminución de aproximadamente 368 trasplantes, cerrando la contabilidad en 509 en el período enero-agosto, la eficiencia se ha logrado mantener, especialmente en los trasplantes de córneas, los cuales representan el 65,42% (333), esto

denota en el periodo de una década que, representan uno de los procedimientos con más demanda en Ecuador como se puede observar en la **Figura 4**. De dicho modo, este año refleja una consolidación en cuanto a las estrategias implementadas, asegurando la continuidad del sistema (10).

El Hospital de Especialidades Carlos Andrade Marín (HCAM) logro un hito significativo al llevar a cabo su primer trasplante, estableciéndose como un líder en el campo de la trasplantología en Ecuador. En la actualidad, el hospital dispone de tres programas: renal, córnea y médula ósea, siendo el único del IESS en llevar a cabo trasplantes de médula ósea. En 2024, ya ha llevado a cabo 41 trasplantes de córnea, 14 renales y 5 de médula ósea, además de proporcionar seguimiento postoperatorio a más de 800 personas. Este logro resalta la posición predominante del HCAM en trasplantes dentro del sistema de seguridad social, proporcionando nuevas posibilidades de vida para los pacientes (29).

Figura 8. Trasplantes 2024



Fuente: Registro de coordinaciones zonales. INDOT (2024).

Un componente esencial en el éxito de los trasplantes es el Soporte Nutricional postoperatorio, que se considera un rol crítico para la recuperación de los pacientes. Según la Revista Ecuatoriana de Neurología (2023), el enfoque de salud integral en los trasplantes ha impulsado directrices nutricionales concretas para potenciar la calidad de vida de los receptores y disminuir las complicaciones a largo plazo. Este elemento se ha transformado en una práctica sugerida en los centros especializados, subrayando la relevancia de una perspectiva multidisciplinaria en la asistencia post-trasplantes. (28).

A pesar de que no hay investigaciones concretas que analicen de manera directa la correlación entre el soporte nutricional y los resultados en trasplantes de córnea, la literatura en campos relacionados, como los trasplantes de órganos sólidos y la salud ocular, indica

que la nutrición juega un rol crucial en la recuperación postoperatoria y la regeneración de tejidos. Un ejemplo clave proviene de los estudios de Snodderly y colaboradores, en 1984, que investigaron el pigmento amarillo presente en la mácula de la retina, proponiendo que funcionaba como un filtro visual eficaz. Un año después, se comprobó que estaba compuesto por dos carotenoides polares, la luteína y la zeaxantina. Se consideró que sus funciones también incluían la posibilidad de extinguir ERO perjudiciales (Gutiérrez, Lavandero, Ramos, & Martínez, 2007).

A pesar de que el soporte nutricional se asocia principalmente con trasplantes de órganos sólidos, tales como los riñones, hígado, corazón, entre otros, se sabe que éste también juega un papel en el éxito de los trasplantes corneales, pues, una dieta adecuada, rica en antioxidantes y vitaminas esenciales como A y C ayuda a controlar la inflamación y a regenerar tejidos. Esta nutrición adecuada, mejora la resistencia de posibles infecciones y favorece a la cicatrización, contribuyendo de esta manera a la integración del injerto. De este modo, un buen estado nutricional es clave para minimizar riesgos variados como el rechazo inmunológico y/o la opacidad del injerto, lo cual refuerza aún más la importancia de protocolos nutricionales apropiados para la optimización de los resultados clínicos (30).

Si bien el impacto del soporte nutricional es menos crítico en trasplantes de córneas, el Soporte Nutricional se ha consolidado como una herramienta fundamental y un componente clave en la recuperación de los pacientes que se han realizado un procedimiento de trasplante de cualquier tipo. Debido a ello, entre los años 2014 a 2024, se promovieron mejores prácticas nutricionales para los receptores de trasplantes corneales, aportando a su recuperación y logrando que ésta sea más rápida y efectiva, pese a que el impacto directo es menos notorio que en otros tipos

4. Discusión

El análisis de la evolución de los trasplantes en Ecuador desde 2014 hasta 2024 muestra un efecto notable de las políticas gubernamentales, los progresos tecnológicos y la formación profesional en la optimización de los resultados de los trasplantes corneales. En 2014, el sistema de trasplantes en Ecuador estaba en una etapa de fortalecimiento gracias al reforzamiento de las leyes y políticas gubernamentales. La Ley Orgánica de Donación y Trasplante en 2011, que estableció que todos los habitantes de Ecuador son vistos como donantes automáticos a no ser que manifiesten lo contrario, marcó un hito crucial. Esta modificación en la legislación simplificó el procedimiento de los trasplantes y fomentó la solidaridad cívica en relación con la donación de órganos. Pese a los progresos, las tasas de donación y la infraestructura sanitaria todavía se encontraban restringidas. En este lapso, la gran mayoría de los trasplantes efectuados se caracterizaban por una logística

complicada y una capacidad hospitalaria deficiente para cubrir la demanda en aumento (20–21).

En este contexto es importante mencionar que, a partir de 2014, Ecuador ha registrado un notable incremento en los trasplantes de córnea, desde 277 en 2014 hasta 497 en 2024, lo que equivale a un aumento del 79,5%. Este progreso es resultado de elementos como la puesta en marcha de la Ley Orgánica de Donación y Trasplante, que simplificó la donación de órganos, y el avance tecnológico en procedimientos quirúrgicos. Además, la formación continua de los expertos sanitarios ha potenciado estos resultados (19–23).

Así también, se observa una estabilización en la tasa de donantes cadavéricos, con 50 donantes anuales aproximadamente, como resultado directo de políticas como el Establecimiento de Salud Amigo de la Donación y la implementación de programas educativos y de sensibilización en la población. Sin embargo, a pesar de este progreso, la oferta sigue sin poder satisfacer la demanda, destacando la necesidad de fortalecer aún más la infraestructura y la conciencia pública sobre la donación (11).

En el ámbito tecnológico, progresos como la aplicación del láser de femtosegundo y la queratoplastia lamelar, ya sea anterior o endotelial, han disminuido considerablemente los riesgos de rechazo y optimizado los periodos de recuperación visual. Estas técnicas posibilitan la reemplazo selectivo de las capas corneales dañadas, reduciendo las complicaciones postoperatorias en contraste con los trasplantes penetrantes tradicionales (14–13). Igualmente, el avance en medios de cultivo locales impulsado por el INSPI e INDOT ha solventado dificultades logísticas vinculadas al mantenimiento y traslado de córneas, superando retos mundiales de falta de productos médicos (3–11).

La nutrición, a pesar de ser menos crítica en trasplantes corneales que en órganos sólidos, actualmente juega un papel crucial en la cicatrización y adaptación del injerto. Nuevos estudios subrayan que una alimentación abundante en antioxidantes y ácidos grasos omega-3, sumada a vitaminas vitales como la A y la C, tiene el potencial de disminuir la inflamación, agilizar la regeneración de los tejidos y potenciar la resistencia a infecciones postoperatorias. Por ejemplo, se ha comprobado que el consumo de ácidos grasos omega-3 es beneficioso para la salud ocular, particularmente en la gestión del ojo seco, que es habitual después de intervenciones quirúrgicas (6) (5). Estas prácticas nutricionales, junto con un apoyo multidisciplinario, potencian la recuperación completa del paciente trasplantado (17).

La importancia de la nutrición en la recuperación y conservación de la salud ocular en pacientes que han recibido un trasplante corneal es algo más que evidente. De acuerdo con el análisis de Pellegrini et al (31), varios elementos nutritivos, tales como los ácidos grasos omega-3 y las vitaminas antioxidantes (A, C, y D), resultan cruciales para disminuir

la inflamación y el estrés oxidativo, elementos vitales para la salud de la superficie ocular. El suplemento con omega-3, especialmente, ha evidenciado ventajas en situaciones de ojo seco, lo que podría ser significativo en el escenario postoperatorio de trasplantes corneales. Ergo, este método nutricional podría complementar la atención médica, proponiendo una intervención holística para optimizar los resultados en pacientes trasplantados.

Sin embargo, aún existen retos que se deben enfrentar para asegurar la viabilidad del sistema de trasplantes en Ecuador. Pese a los progresos en la logística y la capacitación constante del personal sanitario, persisten restricciones en la infraestructura de salud, la concienciación pública acerca de la relevancia de la donación de órganos y la igualdad en el acceso a recursos especializados. Pese a que las tasas de trasplantes corneales han crecido significativamente, constituyendo el 65,42% del total de trasplantes hasta agosto de 2024, la demanda continúa sobrepasando la oferta, lo que resalta la importancia de robustecer los programas de educación y sensibilización acerca de la donación (10).

Además, el fortalecimiento de proyectos como la estrategia "Establecimiento de Salud Amigo de la Donación" podría optimizar la detección y administración de donantes, mientras que la implementación de sistemas autogestionados para la producción y preservación de tejidos establecería a Ecuador como un líder regional en este campo (21-3). La colaboración internacional ha jugado un papel fundamental en este progreso, facilitando la educación constante de los oftalmólogos y la aplicación de métodos quirúrgicos revolucionarios que han mejorado los criterios de calidad en los trasplantes corneales (4).

El sistema de trasplantes en Ecuador ha demostrado un avance significativo en los últimos diez años, sin embargo, el avance constante se basará en mantener un enfoque multidisciplinario, robustecer la infraestructura médica, promover la autogestión en la producción de recursos, y expandir las campañas de sensibilización pública acerca de la donación de órganos y tejidos.

5. Conclusión

Esta investigación ha brindado un análisis exhaustivo de la progresión de los trasplantes de córnea en Ecuador, resaltando la relevancia de los progresos tecnológicos, las políticas de salud pública y el apoyo nutricional en la optimización de los resultados postoperatorios. Mediante un estudio de los últimos diez años, hemos notado un incremento considerable en el número de trasplantes efectuados, motivado principalmente por las políticas de salud inclusivas y el avance en la infraestructura médica del país. Las técnicas quirúrgicas revolucionarias, tales como la queratoplastia endotelial y los trasplantes de lentes, han perfeccionado la recuperación visual de los pacientes, disminuyendo complicaciones y aumentando las probabilidades de éxito.

A pesar de que todavía está en etapa de investigación, el soporte nutricional ha demostrado ser un elemento crucial para mejorar la integración del injerto corneal y disminuir las infecciones postoperatorias. Los pacientes que recibieron una correcta atención nutricional mostraron resultados superiores en cuanto a cicatrización y resistencia a infecciones, lo que resalta la importancia de tener en cuenta la nutrición como un elemento crucial en el tratamiento postoperatorio.

No obstante, a pesar de los progresos notables, todavía existen desafíos significativos, como la necesidad de robustecer la infraestructura sanitaria en zonas rurales e incrementar la sensibilización pública acerca de la donación de órganos. A escala regional, naciones como Brasil y Uruguay proporcionan modelos de donación de órganos más sólidos, lo que indica que Ecuador podría obtener beneficios de una colaboración más cercana con estos países y una valoración de sus ejemplos de éxito.

En términos futuros, es crucial llevar a cabo investigaciones más detalladas sobre el rol de la nutrición en la recuperación post-trasplante, con el fin de definir protocolos nutricionales respaldados por evidencia que puedan adaptarse a las necesidades individuales de cada paciente. Además, la mejora de los programas de donación, sumada a la ampliación de la capacitación de profesionales médicos, asegurará un aumento en la cobertura y un acceso más favorable a los trasplantes de córnea a nivel nacional.

La combinación de progresos en tecnología quirúrgica, eficientes políticas públicas y un enfoque completo que contemple el apoyo nutricional proporciona una base firme para seguir optimizando los resultados de los trasplantes de córnea en Ecuador. Conforme el sistema sanitario se robustezca y se intensifiquen los esfuerzos de educación y concienciación, Ecuador se posicionará de manera más favorable para enfrentar los retos presentes y venideros, proporcionando más posibilidades de recuperación a los pacientes con graves afecciones oculares.

Contribución de autores: J.O.B.R. Contribuyó al diseño y conceptualización del estudio, así como a la revisión crítica del manuscrito. A.K.G.D. Participó en la recopilación de datos, análisis estadístico y redacción inicial del documento. B.X.D.D. Colaboró en la búsqueda de literatura relevante, el desarrollo de la metodología y la interpretación de los resultados y A.J.D.M. Apoyó en la estructuración final del manuscrito, edición técnica y revisión para publicación.

Financiamiento: Este estudio no obtuvo financiación externa. Los autores asumieron todos los gastos asociados a la investigación y publicación..

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

Referencias

1. Cruz GK, Azevedo I, Carvalho DP, Fortes AV, Santos VE, Júnior MA. Aspectos clínicos y epidemiológicos de pacientes trasplantados con córneas en un servicio de referencia. *Rev. Latino-Am.* 2017. *Enfermagem*, Vol. 25, pág. e2897.
2. Instituto Nacional de Donación y Trasplante INDOT. Estadísticas INDOT. [En línea] 2024. Disponible en: <http://www.donaciontrasplante.gob.ec/indot/estadisticas-indot/>.
3. Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública – INSPI. INSPI e INDOT generarán primer medio de preservación para mantener y transportar córneas humanas. [En línea] 2023. Disponible en: <https://www.investigacionsalud.gob.ec/inspi-e-indot-generaran-primer-medio-de-cultivo-local-para-mantener-y-transportar-corneas/#:~:text=En%20lo%20que%20va%20del,los%20objetivos%20del%20presente%20convenio..>
4. Espinel E, Castillo M, Espín E. Estado actual de la actividad trasplantológica en el Ecuador. *Revista MetroCiencia*. 2023;30(4).
5. Fernández-Araque A, Giaquinta-Aranda A, Laudo-Pardos C, Rojo-Aragués A. Aunque el soporte nutricional suele estar relacionado con trasplantes de órganos sólidos (corazón, riñones, hígado, entre otros), también tiene un rol significativo en el trasplante de córnea, en particular en la gestión de la inflamación y en la restaura. *Nutr. Hosp.* 2017, 34(4), 469–478 .
6. Proaño G, Gómez M. Correcta nutrición y cuidado primario en salud visual. *VIVE. Revista de Investigación en Salud*. 2023, 6(17);580 – 589.
7. Bonnet, C. Trasplante de córnea. *EMC – Tratado de Medicina*. 2024, 28(1); 1–7.
8. Instituto Nacional de Donación y Trasplante de Órganos, Tejidos y Células (INDOT). Más de 2400 beneficiarios de trasplantes en la última década. [En línea] 19 de 04 de 2017. Disponible en: <http://www.donaciontrasplante.gob.ec/indot/mas-de-2400-beneficiarios-de-trasplantes-en-la-ultima-decada/>.
9. Ministerio de Salud Pública (MSP). En Ecuador se registran 551 trasplantes exitosos a nivel nacional. [En línea] 12 de 08 de 2024. Disponible en: <https://www.salud.gob.ec/en-ecuador-se-registran-551-trasplantes-exitosos-a-nivel-nacional/>.
10. Instituto Nacional de Donación y Trasplante de Órganos, Tejidos y Células (INDOT). Informe estadístico técnico . [En línea] 2024. Disponible en: <http://www.donaciontrasplante.gob.ec/indot/wp-content/uploads/2024/09/TRASPLANTES-ENERO-AGOSTO-2024.pdf>.
11. Ministerio de Salud Pública (MSP). Ecuador incrementó en 35% la accesibilidad a los procesos para recibir un trasplante. [En línea] 27 de 02 de 2024. Disponible en: <https://www.salud.gob.ec/ecuador-incremento-en-35-la-accesibilidad-a-los-procesos-para-recibir-un-trasplante/>.
12. Instituto Nacional de Donación y Trasplante de Órganos, Tejidos y Células (INDOT). Ley orgánica de donación y trasplante de órganos, tejidos y células. [En línea] 04 de 03 de 2011. Disponible en:

- http://www.donaciontrasplante.gob.ec/indot/lotaip/mayo_2015/a2/Ley%20Organica%20de%20Donacion%20y%20Trasplante.pdf.
13. Guerrero KS, Dueñas ER, Pazmiño JJ, Pazmiño, OI, Sangoquiza SF, Historia, Preservación, Criterios de Selección y Técnicas Quirúrgicas del Trasplante de Córneas., Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 2023, 7(6);8788.
 14. Villamar A, Morán D, Carvajal V. Técnicas quirúrgicas apoyadas en las tecnologías para el trasplante de córnea: Enfoque Clínico. Villamar, A, Morán, D y Carvajal, V. 4, 2021, Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas, Vol. 14, págs. 16–32.
 15. Instituto Nacional de Donación y Trasplante de Órganos, Tejidos y Células (INDOT). Catálogo de capacitaciones . [En línea] 2020. Disponible en: <http://www.donaciontrasplante.gob.ec/indot/wp-content/uploads/2020/02/CatalogoDigitalCapacitaciones2020.pdf>.
 16. Serra H, Cafaro T. Ácido ascórbico: desde la química hasta su crucial función protectora en ojo. 4, 2007, Acta bioquím. clín. latinoam, Vol. 41, págs. 525–32.
 17. National Institutes of Health (NIH). Vitamina K. [En línea] 2024. Disponible en: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminK-DatosEnEspañol/>.
 18. Uscátegui, H. Inmunonutrición: Enfoque en el paciente quirúrgico. Rev. Chilena de Cirugía. 2010, 62(1);87–92.
 19. Instituto Nacional de Donación y Trasplante de Órganos, Tejidos y Células (INDOT). Información de rendición de cuentas 2014. [En línea] 2014. Disponible en: <http://www.donaciontrasplante.gob.ec/indot/lotaip/Informe%20de%20Rendici%C3%B3n%20de%20Cuentas%202014%20-%20INDOT.pdf>.
 20. Asamblea, Nacional. Leyes aprobadas en el 2011. [En línea] 2011. Disponible en: https://www.asambleanacional.gob.ec/es/noticia/asamblea_cierra_el_2011_con_balance_positivo_en_legislacion_se_priorizaron_temas_sociales_y.
 21. Instituto Nacional de Donación y Trasplante de Órganos, Tejidos y Células – INDOT. donaciontrasplante. [En línea] 2022. Disponible en: http://www.donaciontrasplante.gob.ec/indot/wp-content/uploads/2022/11/Estrategia_establecimientos_de_salud_amigos_de_la_donacion_18_11_v11-signed-signed-signed-signed.pdf.
 22. Instituto Nacional de Donación y Trasplante de Órganos, Tejidos y Células – INDOT. Rendición de cuentas 2020. [En línea] 2020. Disponible en: <http://www.donaciontrasplante.gob.ec/indot/wp-content/uploads/2021/05/Informe-de-Rendici%C3%B3n-de-Cuentas-2020.pdf>.
 23. Instituto Nacional de Donación y Trasplantes de Órganos, Tejidos y Células – INDOT. Rendición de cuentas 2023. [En línea] 2023. Disponible en: <http://www.donaciontrasplante.gob.ec/indot/wp-content/uploads/2024/03/INFORME-RENDICION-DE-CUENTAS-INDOT-2023-vf.pdf>.
 24. Ministerio de Salud Pública – MSP. Resolución No. 039 INDOT-2015 . [En línea] 08 de 04 de 2015. Disponible en: https://www.donaciontrasplante.gob.ec/indot/wp-content/uploads/2017/06/R39_1.pdf.

25. Ministerio de Salud Pública – MSP. 70 profesionales ecuatorianos recibirán técnicas y herramientas de comunicación en situaciones críticas de donación y trasplante [En línea] 2023. Disponible en: <https://www.salud.gob.ec/70-profesionales-ecuatorianos-recibiran-tecnicas-y-herramientas-de-comunicacion-en-situaciones-criticas-de-donacion-y-trasplante/>.
26. Albán T, Villarreal J, Mora B, Betancourt N. Trasplante renal en ecuador, puntos clave y situación actual. Revista Médica Vozandes. 2020.
27. Instituto Nacional de Donación y Trasplante de Órganos, Tejidos y Células – INDOT. Datos estadísticos de la actividad de donación y trasplante de órganos, tejidos y células. [En línea] 2015. Disponible en: http://www.donaciontrasplante.gob.ec/indot/wp-content/uploads/2017/06/Estadisticas_2015.pdf.
28. Gilbert OM. La donación de órganos y tejidos en Ecuador. Revista Ecuatoriana de Neurología, 2023. Disponible en: <https://revecuatneurol.com/wp-content/uploads/2023/06/2631-2581-rneuro-32-01-00010.pdf>.
29. Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. IESS. Hito Histórico 1000 trasplantes realizados en el HCAM. [En línea] 22 de 05 de 2024. Disponible en: https://www.iess.gob.ec/sala-de-prensa/-/asset_publisher/4DHq/content/hito-historico-1000-trasplantes-realizados-en-el-hca/10174?redirect=https%3A%2F%2Fwww.iess.gob.ec%2Fsala-de-prensa%3Fp_id%3D101_INSTANCE_4DHq%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%.
30. Gutiérrez A, Lavandero A, Ramos M, Martínez E. Estrés oxidativo, alimentación y suplementación antioxidante en patología ocular: historia breve y visión futura. Rev Cubana Oftalmol. 2007, 20(2)
31. Gomez M, Proaño G. Correcta nutrición y cuidado primario en salud visual. Revistavive.org. 2023.
32. Pellegrini M, Senni C, Bernabei F, Cicero A, Vagge A, Maestri A, Scoria V, Giannaccare G. The Role of Nutrition and Nutritional Supplements in Ocular Surface Diseases. PubMed Central. 2020.



© 2024 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 ergonómico de los puestos de trabajo en PVDs del área administrativa del GAD parroquial de San Juan.

Valdiviezo Marcatoma Alexis Patricio ¹  Redroban Dillon Cristian David ¹ 

¹ Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, ECD 060118, Ecuador



Correspondencia: apvaldiviezo.fii@unach.edu.ec



+ 593 984139817

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj73190>

Resumen: El estudio se centró en analizar el impacto de la ergonomía en los puestos de trabajo con Pantallas de Visualización de Datos (PVDs) en el área administrativa del GAD parroquial San Juan. Utilizando un enfoque de investigación mixta con diseño descriptivo, se aplicó el método RULA para evaluar riesgos físicos y se realizaron encuestas y entrevistas para conocer la percepción de los empleados.

Los principales hallazgos revelaron un riesgo ergonómico moderado, especialmente en las posturas del tronco, cuello y extremidades superiores. Los trabajadores manifiestan una insatisfacción generalizada con sus estaciones de trabajo, destacando problemas de comodidad y ajuste en sillas y monitores. No obstante, las pausas activas fueron valoradas positivamente. El estudio concluye que es fundamental implementar medidas correctivas ergonómicas para optimizar el bienestar y la eficiencia de los empleados. Las deficiencias estructurales identificadas no solo afectan negativamente la salud laboral, sino que también pueden disminuir la productividad. La investigación subraya la importancia de crear un entorno de trabajo que facilite el bienestar de los colaboradores y contribuya al logro de los objetivos organizacionales.

Palabras claves: Análisis ergonómico, Carga física, Fatiga visual, Optimización, Productividad.

Ergonomic analysis of work stations in PVDs of the administrative area of the San Juan parish GAD

Abstract: The study focused on analyzing the ergonomic impact on workstations with Data Visualization Screens (DVS) in the administrative area of the San Juan Parish Local Government. Using a mixed research approach with a descriptive design, the RULA method was applied to assess physical risks, and surveys and interviews were conducted to understand employee perceptions.



Check for
updates

Cita: Valdiviezo Marcatoma, A. P., & Redroban Dillon, C. D. (2024). Análisis ergonómico de los puestos de trabajo en PVDs del área administrativa del GAD parroquial de San Juan. Green World Journal, 07(03), 190.

<https://doi.org/10.53313/gwj73190>

Received: 30/October/2024

Accepted: 13/December/2024

Published: 17/December/2024

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.



© 2024 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 main findings revealed a moderate ergonomic risk, especially in trunk, neck, and upper limb postures. Workers expressed widespread dissatisfaction with their workstations, highlighting comfort and adjustment issues with chairs and monitors. Nevertheless, active breaks were positively valued. The study concludes that implementing corrective ergonomic measures is crucial to optimize employee well-being and efficiency. The structural deficiencies identified not only negatively affect occupational health but can also decrease productivity. The research underscores the importance of creating a work environment that facilitates employee well-being and contributes to achieving organizational objectives.

Keywords: Ergonomic analysis, Physical load, Visual fatigue, Optimization, Productivity.

1. Introducción

Según la Sexta Encuesta Europea de Condiciones de Trabajo [1], el uso intensivo de TIC ha experimentado un considerable aumento entre 2005 y 2015, pasando del 21% al 37% de trabajadores que utilizan estas tecnologías durante al menos el 75% de su jornada laboral, impulsado en gran medida por la proliferación de aparatos electrónicos en la nueva era laboral [2]. La adopción de posturas estáticas prolongadas frente a pantallas, junto con el uso frecuente de dispositivos, son factores clave para el desarrollo de Trastornos Musculoesqueléticos (TME) [3]. Estas condiciones suelen derivarse de posturas inadecuadas, movimientos repetitivos y malas prácticas en el uso de herramientas y equipos [4]. Ecuador no está exento de los altos índices de accidentabilidad laboral, especialmente debido a la falta de implementación de métodos efectivos para prevenir riesgos que afectan a la salud de los trabajadores, con un fuerte impacto en las enfermedades musculoesqueléticas [5]. Esto refleja que, para el año 2015, el 84% de las lesiones laborales fueron diagnosticadas como enfermedad profesional presuntiva [6]. El éxito organizacional depende en reconocer que los colaboradores son clave en la cadena de valor, y su bienestar impacta directamente en su desempeño y el logro de los objetivos de la empresa [7]. La ergonomía vista desde un punto multidisciplinar, complementa la seguridad industrial al diseñar entornos que promuevan la salud, reduzcan riesgos y mejoren la productividad de forma segura y eficiente [8].

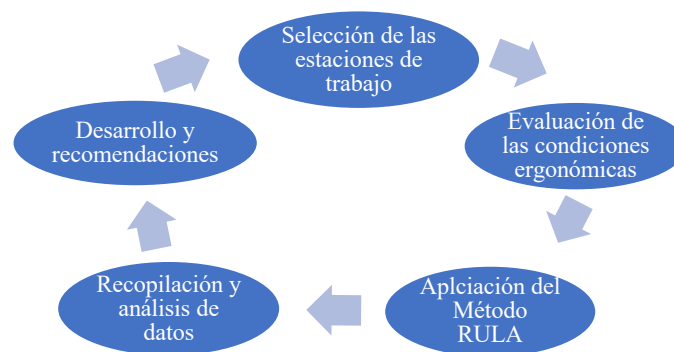
Los trastornos musculoesqueléticos, una de las principales causas de discapacidad y rehabilitación a nivel mundial, destacan la importancia de implementar medidas ergonómicas en el lugar de trabajo [9]; [5]. La Organización Internacional del Trabajo (OIT) ha establecido que la resistencia del sistema musculoesquelético a la carga física depende del fortalecimiento de los músculos [10]. El estrés excesivo en el trabajo puede provocar afecciones como tendinitis y problemas derivados de posturas incorrectas, aumentando la necesidad de atención médica y causando ausencias laborales [11]. Una disposición adecuada del mobiliario, como una silla con soporte lumbar ajustable y un escritorio que permita una postura natural y factores ambientales, como iluminación y temperatura, es esencial para minimizar riesgos y mejorar la eficiencia y también son clave para el bienestar integral de los trabajadores. [12]; [13]. La falta de pausas y el

aumento del tiempo frente a pantallas sin aplicar la regla 20-20-20 causan fatiga ocular [14]. El 70% de los trabajadores de oficina reportan Fatiga Visual Digital (FDV), acompañada de sequedad ocular, visión borrosa, dolores de cabeza y fatiga física [15]. Estos síntomas afectan gravemente el bienestar y la eficiencia laboral [16]; [17]. El estudio busca: 1) Identificar las condiciones ergonómicas de los puestos de trabajo con PVDs, 2) La percepción, Evaluación RULA, 3) Proponer mejoras para optimizar la salud para optimizar la salud. Una ergonomía eficiente aumenta los problemas musculoesqueléticos y fatiga visual, como hipótesis.

2. Materiales y métodos

Este estudio se diseñó para evaluar el impacto de las condiciones ergonómicas en los puestos de trabajo con Pantallas de Visualización de Datos (PDVs) en el área administrativa del GAD Parroquial San Juan, utilizando el método RULA (Rapid Upper Limb Assessment).

Figura 1. Metodología



El trabajo considera una investigación cuantitativa-cualitativa no experimental con propósito descriptivo y exploratorio. El estudio experimental realizado en una entidad pública del Gobierno Descentralizado de la parroquia de San Juan, analiza el impacto de la ergonomía en los puestos de trabajo con PVDs, considerando las diferencias en las variables sociodemográficas de la muestra estudiada. El estudio descriptivo se basa en la evaluación de las condiciones ergonómicas actuales y la percepción de los trabajadores, mientras que el exploratorio investiga las relaciones entre ergonomía y problemas de salud.

El método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) según se utiliza mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia para seleccionar las estaciones de trabajo y los empleados participantes y así, evaluar los riesgos ergonómicos en los puestos de trabajo [1819]. Este método permitió una selección práctica y accesible de las estaciones y trabajadores dentro del área administrativa del GAD Parroquial San Juan. Los participantes

del estudio incluyen a 2 hombres y 2 mujeres que pertenecen al área administrativa del sector público con edades comprendidas entre 34 a 53 años con un peso aproximado de 60–80kg (132–176 lbs), 155–165 cm (5'1"–5'5") en el sexo femenino 75–95 (165–209 lbs), 170–180cm (5'7"–5'11"). Los participantes trabajan 7 horas al día, cinco días a la semana en una oficina en el que han estado en este puesto durante al menos 1 año, detallado en la Tabla 1.

Tabla 1. Muestra

PERSONAL ADMINISTRATIVO DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DECENTRALIZADO	
ADMINISTRACIÓN GENERAL	
Apellidos y Nombres	Cargo
Abraham Ati	Presidente
Marcelino Guamán	Vocal del GAD
Ana Lata	Vocal del GAD
Yadira Guamán	Vocal del GAD

En este estudio, los datos se obtuvieron con cuestionarios estructurados en escala de Likert para evaluar la percepción de los trabajadores sobre la ergonomía y la observación directa para identificar las condiciones ergonómicas en los puestos de trabajo.

Los factores de riesgo de trastornos musculoesqueléticos relacionados con las posturas del torso y los brazos fueron evaluados mediante RULA, analizando las posturas de trabajo considerando factores como la postura estática y repetitiva, con una escala de puntaje numérica de 1 a 7 donde existen 3 niveles: 1–2 Riesgo bajo, 3–4 Riesgo moderado, 5–7 Riesgo alto. La puntuación total se usa para determinar una necesidad de intervención, y es calculada por medio de ángulos entre los segmentos A (brazo, antebrazo, muñeca) y B (cuello, tronco, piernas). Así como, los puntajes altos sugieren mayor necesidad de realizar cambios específicos para evitar riesgos a la salud.



Figura 2. División del cuerpo método RULA

El cuestionario está compuesto por 10 ítems, con subtemas de método RULA, percepción y satisfacción ergonómica, medidas correctivas.

3. Resultados

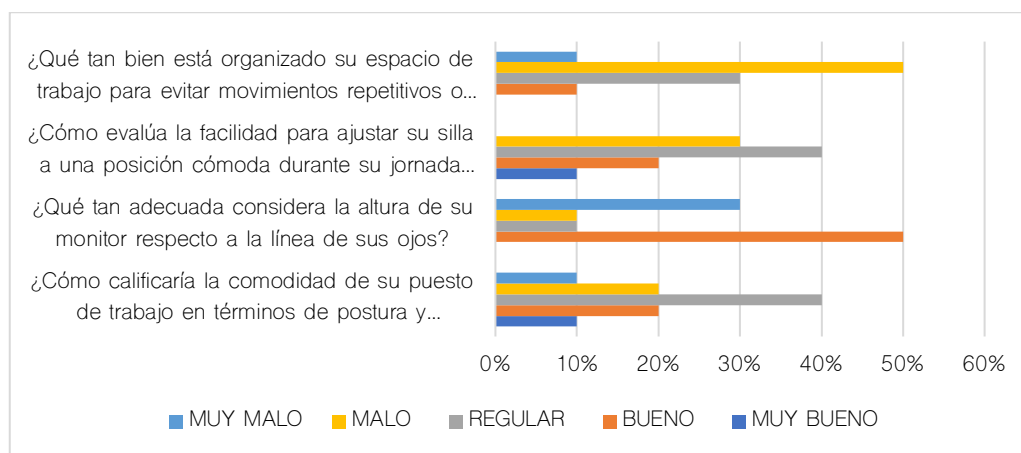


Figura 1. Resultados de la percepción Método RULA

El análisis indica que la ergonomía y organización del espacio de trabajo necesitan mejoras. La mayoría considera la comodidad del puesto y la facilidad para ajustar las sillas como insuficientes, y un 40% tiene problemas con la altura del monitor. La disposición del espacio también es vista como inadecuada, sugiriendo la necesidad de optimizar la ergonomía.

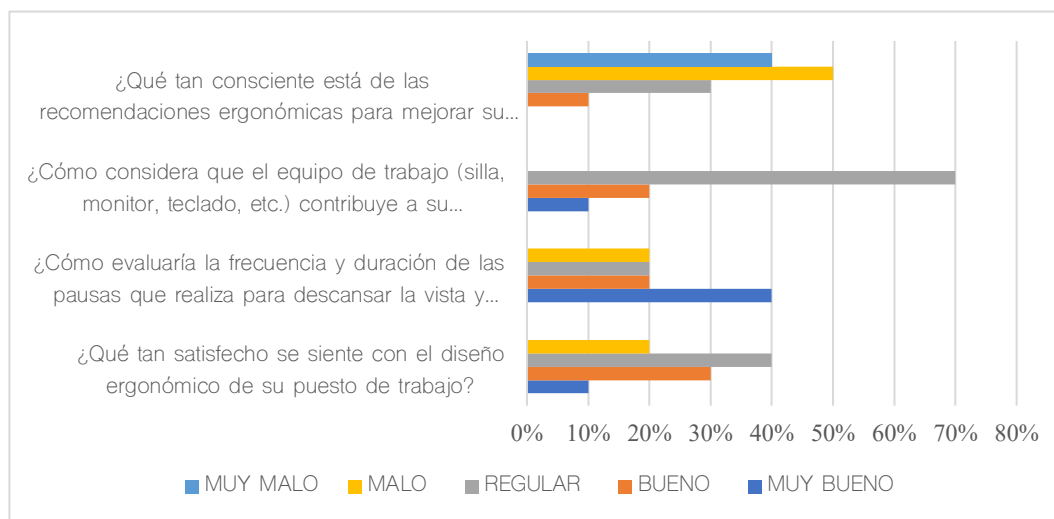


Figura 2. Resultados de la Percepción y satisfacción ergonómica

La mayoría de los encuestados se siente insatisfecho con el diseño ergonómico de su puesto de trabajo, con un 60% calificándolo como malo. Sin embargo, la frecuencia y duración de las pausas para descansar la vista y cambiar de posturas son evaluadas positivamente por todos los empleados, sugiriendo que estos aspectos se manejan

adecuadamente. La comodidad y bienestar proporcionados por el equipo de trabajo son considerados regulares o malos por el 70% de los trabajadores, indicando que el equipo podría no estar optimizado.

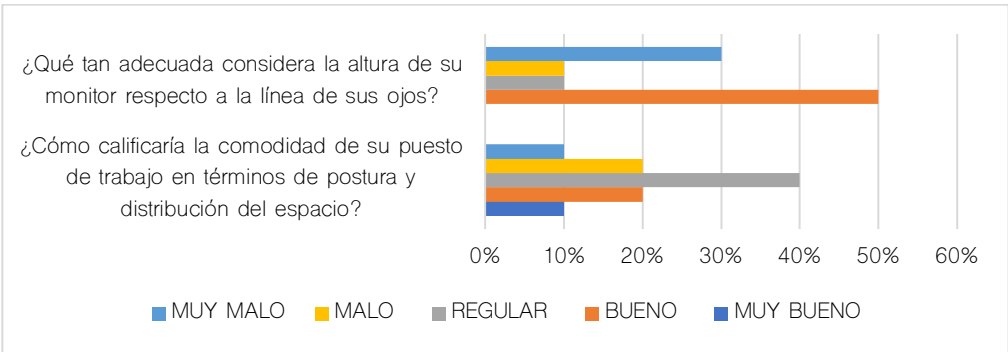
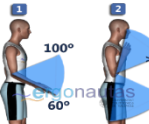
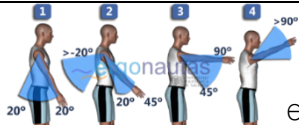
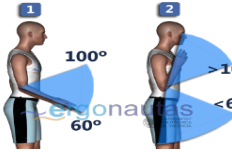
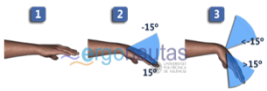


Figura 5. Evaluación de las Medidas Correctivas

La mayoría de los empleados que representa el 70% considera el diseño ergonómico como regular con 40% y malo un 20%, lo que indica una insatisfacción significativa con la ergonomía del puesto. Esto sugiere la necesidad de mejorar el diseño ergonómico del entorno laboral, mientras se continúan las prácticas de descanso.

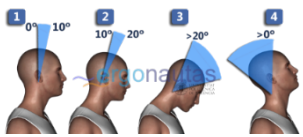
Tabla 2. Evaluación del Método RULA Lado derecho

PUNTUACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL GRUPO A (LADO DERECHO)		
Extremidad	Referencia	Puntuación del Brazo
Brazo	 El brazo está entre 46 y 90 grados de flexión. El brazo esta abducido	4
Antebrazo	 El antebrazo está flexionado por debajo de 60 grados o por encima de 100 grados.	2
Muñeca	 La muñeca está entre 0 y 15 grados de flexión o extensión.	2
Giro de muñeca	 La muñeca está en posición de pronación o supinación en rango extremo.	2
PUNTUACIÓN TOTAL DEL GRUPO A (Lado derecho)		4
PUNTACIÓN DEL GRUPO A (LADO IZQUIERDO)		

Brazo		El brazo está entre 21 y 45 grados de flexión o más de 20 grados de extensión. El brazo está abducido.	3
Antebrazo		El antebrazo está entre 60 y 100 grados de flexión. El antebrazo cruza la línea media del cuerpo o realiza una actividad a un lado de éste.	2
Muñeca		La muñeca está flexionada o extendida más de 15 grados. La muñeca está en desviación radial o cubital.	4
Giro de muñeca		La muñeca está en posición de pronación o supinación en rango extremo.	2
PUNTUACIÓN TOTAL DEL GRUPO A (Lado derecho)			5

El análisis de la evaluación del método RULA para el grupo A muestra una puntuación total de 4 para el lado derecho y para el lado izquierdo de 5. En el lado derecho, el brazo está en una posición abducida y entre 46 y 90 grados de flexión. Para el lado derecho, el brazo y muñeca presentan posturas subóptimas, con puntuaciones de 4 y 2 respectivamente, y la muñeca en giro extremo suma otros 2 puntos. En el lado izquierdo, el brazo y la muñeca tienen puntuaciones de 3 y 4, con un giro de muñeca de 2 puntos. La mayor puntuación total en el lado izquierdo sugiere un riesgo ergonómico más alto.

Tabla 3. Evaluación Método RULA lado derecho

PUNTUACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL GRUPO B (LADO DERECHO)			
Extremidad	Referencia		Puntuación del Brazo
Tronco		El tronco está flexionado entre 21 y 60 grados.	3
Cuello		El cuello está flexionado por encima de 20 grados.	3

Piernas



El trabajador está sentado con las piernas y pies bien apoyados. 1

PUNTACIÓN TOTAL DEL GRUPO B

4

El análisis del grupo B utilizando el método RULA para el lado derecho muestra una puntuación total de 4. El tronco presenta una flexión entre 21 y 60 grados, lo que genera una puntuación de 3, mientras que el cuello, al estar flexionado más de 20 grados, también obtiene una puntuación de 3. Las piernas, por su parte, están en una posición estable y bien apoyada, con una puntuación de 1. Estos resultados sugieren que el tronco y el cuello están en posturas que representan un riesgo ergonómico moderado, mientras que las piernas no presentan problemas significativos.

4. Discusión

El principal hallazgo de este estudio es que las condiciones ergonómicas de los puestos de trabajo con PVDs en el GAD parroquial de San Juan, requieren mejoras significativas. Los resultados del método RULA revelan un riesgo ergonómico moderado en los segmentos evaluados, especialmente en el tronco, cuello y extremidades superiores, con puntuaciones que sugieren una necesidad de intervenciones futuras para evitar el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos TME. Estos hallazgos están en línea con estudios previos, como el de Mohammadipour et al. [3], que identifican las posturas inadecuadas y el uso prolongado de dispositivos electrónicos como factores clave para el desarrollo de TME. La Sexta Encuesta Europea de Condiciones de Trabajo [1] también menciona un incremento en el uso de las TICs, lo que ha llevado a un aumento en la adopción de posturas estáticas prolongadas. En el contexto de Ecuador, Velásquez et al. [5] refuerzan esta problemática, señalando que una gran parte de las enfermedades profesionales presuntivas están relacionadas con las malas condiciones ergonómicas, lo cual refleja en los resultados de este estudio, donde el 60% de los encuestados reportó insatisfacción con el diseño ergonómico de su puesto.

La falta de ergonomía adecuada, mencionada por autores como Apud y Meyer [8], afecta tanto la salud como la productividad de los trabajadores. En esta misma línea, estudios como el de Ramos et al. [11] confirman que el estrés físico derivado de posturas incorrectas y esfuerzos repetitivos incrementa la prevalencia de enfermedades relacionadas con el sistema musculoesqueléticos. Las respuestas del GAD revelan que no se han implementado revisiones periódicas de los puestos de trabajo ni mejoras consistentes en cuanto al mobiliario. Sin embargo, se reconoce la necesidad de realizar ajustes, no se ha

invertido lo suficiente en capacitación ergonómica. Estas deficiencias agravan los problemas visuales y musculoesqueléticos que reportan los empleados, lo que subraya la necesidad de una intervención oportuna.

El análisis de las respuestas de la entrevista revela que, aunque el GAD ha realizado algunos esfuerzos para mejorar las condiciones ergonómicas en los puestos de trabajo, estos han sido puntuales y limitados. Se han identificado quejas recurrentes sobre molestias físicas, principalmente dolores de cuello y espalda, lo que indica una falta de enfoque sistemático en la ergonomía. Si bien existe una partida presupuestaria para estas mejoras, las revisiones y ajustes periódicos aún no se implementan de manera formal, y la capacitación sobre ergonomía tampoco ha sido priorizada. Los empleados reciben los tiempos de pausas activas de manera poco constante, no existen protocolos establecidos para su implementación, lo que aumenta el riesgo de problemas musculoesqueléticos y fatiga visual. En general, la inversión en ergonomía ha sido percibida como insuficiente calificada en 6 sobre 10, y se destacan áreas clave a mejorar, como la altura de los monitores, la calidad de las sillas y la iluminación.

5. Conclusiones

El uso de Pantallas de Visualización de Datos (PVDs) y la disposición del mobiliario presentan factores de riesgo ergonómico que inciden en segmentos corporales clave, como el tronco, cuello y extremidades superiores. Según la escala de Evaluación Rápida de los Miembros Superiores (RULA), el riesgo ergonómico moderado que se detecta señala la exposición prolongada a posturas estáticas y repetitivas, lo cual incrementa significativamente la probabilidad de desarrollar trastornos musculoesqueléticos (TME) a medio y largo plazo, especialmente en trabajadores que no tienen un entorno de trabajo ajustado, esto implica equipos como monitores, teclados, sillas y otros elementos que deben ser ajustados, respetando la altura para cada trabajador con la finalidad de satisfacer las necesidades de movimientos y tareas a realizar. El porcentaje presentado de insatisfacción por parte de los trabajadores, se refleja en la falta de mobiliario ergonómicamente ajustado que afecta directamente en la postura, generando mayor demanda biomecánica en el cuerpo y, por ende, un mayor riesgo de TME. A pesar de la implementación de pausas activas con el objetivo de reducir la fatiga visual y postural, son insuficientes para compensar las deficiencias estructurales del espacio de trabajo. Las pausas, aunque necesarias, no pueden sustituir la falta de ergonomía adecuada en el mobiliario y equipos.

Contribución de autores: Los autores participaron en todos los apartados del documento.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. Eurofound, «Sixth European Working Conditions Survey – Overview report (2017 update),» European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, 2017.
2. J. M. M. Aragones, C. L. Aguilera, S. S. S. Cirilo y C. ó. Pérez, «Cuestionario CVSS17 y vigilancia de la salud de trabajadores profesionalmente expuestos a pantallas de visualización,» *Revista Médica y Seguridad del Trabajo*, vol. 64, nº 253, pp. 329-44, 23 12 2018.
3. F. Mohammadipour, M. Pourranjbar, S. Naderi y F. Rafie, «Work-related Musculoskeletal Disorders in Iranian Office Workers: Prevalence and Risk Factors,» *Journal of Medicine and Life*, vol. 11, nº 4, pp. 328–, 2018.
4. M. M. C. Bajaña, G. P. C. Carreño y X. E. S. Rodríguez, «Riesgos ergonómicos asociados al puesto de trabajo del personal administrativo,» *Revista Publicando*, vol. 8, nº 32, pp. 69-81, 23 9 2021.
5. C. A. L. Velásquez, J. R. D. Caballero y G. A. P. Espinoza, «La ergonomía en la prevención de problemas de salud en los trabajadores y su impacto social,» *Revista Cubana de Ingeniería*, vol. X, nº 2, pp. 3 – 15, 31 1 2019.
6. Ministerio de Salud Pública, «Política Nacional de Salud de Trabajo,» Creative Commons, Quito, 2019.
7. A. A. Requejo, «Los riesgos ergonómicos y su influencia en el desempeño laboral del personal administrativo que labora en el Hospital Alberto Sabogal,» Universidad Señor de Sipán, Pimentel-Perú, 2019.
8. E. Apud y F. Meyer, «La importancia de la ergonomía para los profesionales de la salud,» *Revista ciencia y enfermería*, vol. IX, nº 1, pp. 15-20, 20 6 2003.
9. OMS, «Trastornos musculoesqueléticos,» 8 2 2021. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions>. [Último acceso: 20 8 2024].
10. L. A. Ortiz y Ó. C. Gómez, «Factores de Riesgo de trastornos músculo-esqueléticos crónicos laborales,» *Medicina Interna de México*, vol. 29, nº 4, pp. 370-379, 7 2013.
11. M. M. G. Ramos, E. L. G. Muñoz y S. A. F. Chávez, «Condiciones Ergonómicas y transtornos musculoesqueléticos en personal de ventas,» *Revista CUBana de Salud y Trabajo*, vol. 19, nº 1, pp. 15-20, 2018.
12. B. Bernard, A. Cohen y L. Fine, «Elements of Ergonomics Programs: A Primer based on Workplace Evaluations of Musculoskeletal Disorders,» *Health Service*, nº 97-117, p. 146, 3 1997.
13. W. M. M. Tipán, «Estudio de la ergonomía en los puestos de trabajo en oficina,» Universidad de las Américas, 2020.

14. A. T. A. Quijano, «Estrategias para reducir la fatiga visual causada por el uso de dispositivos electrónicos,» *Revista Científica Dominio de las ciencias*, vol. 10, nº 3, pp. 1440–1466, 21 8 2024.
15. V. Hipólito y J. Coelho, «Blue Light and Eye Damage: A Review on the Impact of Digital Device Emissions,» *Optics of the Eye: From Visual Optics to Clinical Application*, vol. 10, nº 5, 11 5 2023.
16. M. I. Silvani, R. Werder y C. Perret, «The influence of blue light on sleep, performance and wellbeing in young adults: A systematic review,» *Frontiers in Physiology*, 16 8 2022.
17. CEPAL, «Agenda Digital para América Latina y el Caribe,» 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/879779be-c0a0-4e11-8e08-cf80b41a4fd9/content>. [Último acceso: 20 8 2024].
18. L. Y. D. Tenesaca, C. A. O. Haro, A. S. R. Chacón y V. A. G. Cisneros, «Métodos de Evaluación Ergonómica para los puestos de trabajo de los Choferes de transporte,» *Revista Científica Dominio de las Ciencias*, vol. 8, nº 2, pp. 81–97, 2022.
19. O. H. González, «Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existe,» *Revista Cubana de Medicina General Integral*, vol. 37, nº 1–3, p. 37, 2021.



© 2024 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

Pulpectomía o exodoncia como terapia para dientes deciduos no vitales: toma de decisión clínica. Una revisión de literatura

Roberto E. Zurita-Proañó¹  Amanda Anahí Mena Baculima¹  María Julia Mora Torres¹  Jenny Edith Collantes Acuña¹ 

¹ Universidad Hemisferios, Facultad Ciencias de la Salud, Quito, EC170102, Ecuador.

✉ Correspondencia: rezuritap@estudiantes.uhemisferios.edu.ec ☎ +593 99 652 1489

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj73191>

Resumen: La dentición decidua desempeña un papel esencial en el desarrollo oral de los niños, por lo tanto, su preservación es crucial para garantizar una correcta calidad de vida en la infancia. La caries dental en la población infantil es de origen multifactorial y se manifiesta a través de la desmineralización del esmalte dental, resultado de la interacción bacteriana con la superficie dental. El objetivo de este estudio es comparar las indicaciones, contraindicaciones y efectos sobre la calidad de vida en pacientes pediátricos tras un tratamiento de pulpectomía o exodoncia en dientes no vitales deciduos. Se realizó una revisión bibliográfica en Google Scholar, PubMed, Cochcrane Library y SCOPUS con un máximo de 5 años de antigüedad. La pulpectomía es un procedimiento cuyo fin es conservar el diente afectado mediante la eliminación del tejido pulpar comprometido y su posterior reemplazo con material biocompatible. Por otro lado, la exodoncia implica la extracción del diente y se considera una opción cuando este no es restaurable. La elección entre estos dos enfoques terapéuticos depende del estado clínico del diente y de la colaboración del paciente durante la consulta

Palabras claves: Pulpectomía, extracción, caries, dentición decidua, calidad de vida.

Pulpectomy or Tooth Extraction as Therapy for Non-Vital Deciduous Teeth: Clinical Decision-Making. A Literature Review.

Abstract: The deciduous dentition plays an essential role in the oral development of children; therefore, its preservation is crucial to ensuring a proper quality of life during childhood. Dental caries in the pediatric population has a multifactorial origin and manifests through the demineralization of dental enamel, resulting from the interaction of bacteria with the tooth surface. The aim of this study is to compare the indications, contraindications, and effects on



Check for updates

Cita: Zurita-Proañó, R. E., Mena Baculima, A. A., Mora Torres, M. J., & Collantes Acuña, J. E. (2024). Pulpectomía o exodoncia como terapia para dientes deciduos no vitales: toma de decisión clínica. Una revisión de literatura. Green World Journal, 07(03), 191. <https://doi.org/10.53313/gwj73191>

Received: 30/October/2024

Accepted: 16/December/2024

Published: 17/December/2024

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.



© 2024 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>

quality of life in pediatric patients following either a pulpectomy or extraction treatment for non-vital deciduous teeth. A literature review was conducted using Google Scholar, PubMed, Cochrane Library, and SCOPUS, focusing on studies published within the last five years. Pulpectomy is a procedure aimed at preserving the affected tooth by removing compromised pulp tissue and replacing it with biocompatible material. On the other hand, extraction involves the removal of the tooth and is considered an option when the tooth is non-restorable. The choice between these two therapeutic approaches depends on the clinical condition of the tooth and the patient's cooperation during the consultation.

Keywords: Pulpectomy, extraction, caries, deciduous dentition, quality of life.

1. Introducción

La caries dental se origina por factores que provocan la desmineralización del tejido dental, debido a la adherencia de las bacterias a las superficies del esmalte [1].

La colonización de las superficies de la mucosa oral comienza con bacterias y hongos, que, a través de múltiples vías, incluidas la exposición, la dieta, se desarrollan y aumentan su crecimiento, iniciando su colonización con la erupción de los dientes primarios. Las cavidades son el punto de entrada inicial para una colonización bacteriana y formar una caries [2].

La caries en niños se propaga rápidamente hasta llegar a la pulpa, causando inflamaciones en el tejido pulpar afectando a la estructura de esta, conocida como pulpitis, pudiendo ser irreversible en muchos casos [3,4,5]. De igual manera, esta inflamación afecta a los tejidos periodontales y causa necrosis, sin embargo, la caries no es el único medio por el cual la pulpa puede afectarse, sino también los traumatismos dentales [3,4,5].

La dentición primaria es una etapa fundamental para el desarrollo integral de los niños, ya que impacta su crecimiento físico, la función oral y aspectos psicosociales [6]. En cuanto a las características pulpares, la pulpa en la dentición primaria es más amplia y tiene una mayor vascularización, lo que la hace más susceptible a caries e infecciones [6]. Su mantenimiento es esencial para preservar la salud oral y el recambio fisiológico adecuado para dar paso a los dientes permanentes [7, 8].

La enfermedad pulpar tiene puede tener distintas manifestaciones al momento de afectar al paciente como dolor, molestias térmicas, abscesos infecciosos e incluso llegar a una necrosis o muerte del tejido, siendo el diagnóstico se basa en signos clínicos y radiográficos [9]. Es importante

realizar un correcto diagnóstico para identificar el estado pulpar, de forma que se pueda realizar un adecuado plan de tratamiento para el paciente pediátrico [4].

Los dientes deciduos son sumamente importantes en cuanto a la calidad de vida en la infancia, pues además de facilitar la masticación y el habla, también mantienen el espacio necesario para la erupción de los dientes permanentes [10,11]. Los problemas bucodentales como la caries en la población infantil además traen consecuencias en el

autoestima de los niños, con lo cual se ve amenazada su calidad de vida [12].

La calidad de vida relacionada a la salud bucal es multidimensional ya que representa la perspectiva subjetiva de la persona con respecto a síntomas y experiencias, esto forma parte de los indicadores socio dentales, definidos como la medida en la que las condiciones orales influyen en el normal funcionamiento social y conducen a cambios importantes en las actividades cotidianas, por ejemplo, ir a la escuela en el caso de los niños [13].

En los países de América Latina, las condiciones de salud dental de la población son un grave problema de salud pública afectando aproximadamente al 40% de los infantes, por otro lado, en la edad escolar los niños adquieren la base de su comportamiento y es en esa edad en la que se deben adoptar hábitos higiénicos y desarrollar habilidad y destreza para cuidar su salud [14].

Cuando la pulpa de un diente deciduo está comprometida, los tratamientos más comunes son la pulpectomía y la exodoncia. La Asociación Americana de Odontopediatría (AAPD) recomienda la pulpectomía como el tratamiento de elección para conservar dientes primarios con afectaciones como pulpitis, pulpitis irreversible o necrosis [3].

La pulpectomía consiste en la remoción del tejido pulpar afectado y su reemplazo con material biocompatible [3]. Por otro lado, la exodoncia implica la extracción del diente afectado y

se utiliza como última opción en casos donde no es posible mantenerlo [15]. Ambos procedimientos tienen implicaciones para la salud oral, siendo de suma importancia el análisis de cada caso, a fin de determinar por cuál de estos procedimientos es necesario optar [15].

El objetivo de esta revisión, por lo tanto, es evaluar las tasas de éxito, las indicaciones, contraindicaciones, posibles complicaciones y efectos sobre la calidad de vida tras un tratamiento de pulpectomía o exodoncia en dientes deciduos no vitales de pacientes pediátricos.

2. Materiales y métodos

Se realizó una búsqueda en Google Scholar (932), PubMed (2), Cochcrane Library (5) y SCOPUS (6) de artículos con un rango de máximo 5 años de antigüedad. Se utilizaron una combinación de los términos “PULPECTOMY” AND “EXTRACTION”, “CHILDREN” AND “OUTCOMES” AND “QUALITY OF LIFE”.

Se obtuvo un total de 945 artículos. Se incluyeron artículos de acceso completo, redactados en inglés que consisten en revisiones sistemáticas, estudios de corte, estudios retrospectivo, prospectivos y ensayos aleatorios que trataran con la relevancia adecuada

para la investigación. Se excluyeron artículos que comparan otro tipo de terapia pulpar (e.g. pulpotomía, LSTR) (25), estudios en dientes permanentes (17), estudios que no estén redactados en inglés (41) y aquellos que no cumplieran con la relevancia adecuada para la investigación (844) (bajo anestesia general, sin acceso completo, comparación de agentes irrigantes, falta de relación con el tema). Tras una revisión manual con ayuda del software Mendeley Reference Manager, se organizaron las referencias y eliminaron los duplicados (13 duplicados), por lo que se incluyó una muestra de 6 artículos.

Los artículos fueron revisados por dos distintos investigadores, y se extrajo la información una matriz de Excel (Microsoft Office 365) en donde se organizó en base a autor/es, año de publicación, tipo de estudio, muestra, hallazgos entre la pulpectomía y extracción, y finalmente, recomendaciones prácticas de los autores. Estos datos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resumen de datos de los artículos incluidos por autor, año, tipo de estudio, muestra, hallazgos en cuanto a pulpectomía, hallazgos en cuanto a extracción y recomendaciones.

Autores	Año	Tipo de estudio	Muestra	Pulpectomía	Extracción	Recomendaciones
Abanto et al.	2022	Ensayo clínico	100 niños de 3–5 años.	Mejor calidad de vida versus extracciones un año después, en cuanto a síntomas, función, estado psicológico (ansiedad) y estrés en padres.	Pérdida prematura dental causa un mayor impacto negativo sobre la calidad de vida en niños.	
			175 molares deciduos con necrosis o exposición pulpar, dolor, fístula, abscesos.			
			Molares sin señales rx de reabsorción interna o externa.	Mantenimiento de los dientes hasta su exfoliación. Elección de pulpectomía antes de extracción.	Mayor nivel de ansiedad.	



Sebourn et al.	2020	Estudio retrospectivo	25 pacientes tratados con pulpectomía a 25 pacientes tratados con exodoncia. Entre 3 y 8 años.	Realizar cuando exista capacidad de restaurar el diente comprometido. Mayor tiempo clínico, necesidad de paciente cooperador.	Mejor elección en pacientes no cooperadores. Realizar en casos de reabsorción radicular, irreversible, radiolucidez en furca y periapical. Mayor desarrollo en dientes sucesores.	No hay diferencia significativa en el dolor que experimentan antes del tratamiento, ni de mayor reabsorción ósea patológica.
Maldupa et al.	2024	Revisión sistemática	14 artículos fueron incluidos	Realizar en dientes restaurables. Tasa de éxito de 59–69% para dientes con reabsorción radicular y de 84–90% sin reabsorción. Preferible sobre exodoncia pues a largo plazo se puede mantener la oclusión, cuando no hay sucesor y estabilidad de oclusión.	Empleada en sangrado y patologías pulpares, caries extensa no restaurable, dientes próximos a exfoliarse, considerar pérdida de espacio, necesidad de ortodoncia, calidad de vida por pérdida prematura. Extracción tras pulpectomía sin alivio de síntomas ni patología, y si fístula no desaparece o hay exudado.	Siempre tratar a los pacientes desde el principio de mínima invasión.

					Considerar necesidad de extracciones bilaterales balanceadas, y de mantenedores de espacio cuando la formación radicular no excede 1/3 de desarrollo.	
					Considerar socioeconomía, cooperación del paciente, estado de erupción.	
					Evitarla en apiñamiento, ausencia de sucesores, y situaciones estresantes.	
Lopes - Fatturi et al.	2020	Estudio retrospectivo	122 archivos de pacientes entre 4–11 años con dentición primaria y compromiso por caries.	Menor tasa de éxito que terapias pulpares conservativas como pulpotomía. Reto clínico, lograr una buena limpieza e irrigación de los canales y eliminar restos necróticos.	Mayor riesgo de exodoncia tras tratamientos invasivos en comparación a conservadores. Dientes con lesión de furca, reabsorción radicular patológica, rizólisis de 2/3, con abscesos o fistulas.	Evaluar siempre evidencia radiográfica de lesiones de furca, reabsorción patológica, estado de rizólisis.

					Pérdida prematura provoca problemas de fonación, masticación, espacio en arcada.	
Farhadia n et al.	2024	estudio retrospectivo	24660 archivos de pacientes entre 1–17 años	Mayormente se requiere de un procedimiento, pocos necesitan re-intervención. Se requiere mayor tiempo clínico, por lo que es necesario un buen manejo conductual para la cooperación de los pacientes.	Empleada cuando existe poca cooperación, resultados más predecibles, menos visitas de emergencia, reducir frustración de padres. Más frecuente en dientes deciduos que definitivos.	No hay evidencia de necesidad de terapia endodóntica en dentición definitiva si el paciente fue tratado con pulpotomía, pulpectomía en su dentición decidua.
					Método efectivo y de bajo costo en patologías y/o procedimientos complejos en dientes deciduos.	

3. Resultados

Los estudios revisados en esta investigación incluyen ensayos clínicos, estudios retrospectivos y revisiones sistemáticas. Por ejemplo, Abanto et al. realizaron un ensayo clínico

con una muestra de 100 niños de entre 3 y 5 años, analizando 175 molares deciduos. Maldupa et al., en cambio, llevaron a cabo una revisión sistemática, integrando 14 artículos



relevantes, mientras que Sebourn et al. y Lopes-Fatturi et al. analizaron casos retrospectivos con muestras de pacientes pediátricos entre 3 y 8 años y 4 y 11 años respectivamente.

Estas muestras reflejan la diversidad de situaciones clínicas enfrentadas en la práctica odontológica, desde caries avanzadas hasta dientes restaurables en diferentes etapas de desarrollo infantil. La selección cuidadosa de las poblaciones permitió a los investigadores explorar tanto el impacto clínico como las preferencias terapéuticas, aportando datos esenciales para la toma de decisiones informadas.

Pulpectomía vs. Extracción

Pulpectomía

En el contexto de la pulpectomía, los hallazgos destacan su efectividad en dientes restaurables, siempre que se realice en condiciones adecuadas. Maldupa et al. consideran que es el tratamiento de elección cuando los dientes son restaurables, reportando tasas de éxito de 59–69% para dientes con reabsorción radicular y de 84–90% sin reabsorción radicular. Además, consideran que realizar una pulpectomía es preferible sobre una exodoncia pues a largo plazo se puede mantener la oclusión, en casos donde no exista un sucesor definitivo y se necesite una oclusión estable.

Sebourn et al. también concluyeron que la pulpectomía es el tratamiento de elección cuando exista la capacidad de rehabilitar el diente comprometido, aunque se deben considerar el mayor tiempo clínico y la necesidad de un paciente colaborador.

Por otro lado, Lopes-Fatturi et al., reportaron que los dientes sometidos a pulpectomía tenían una menor tasa de éxito que aquellos tratados con terapias pulpares conservativas como pulpotomía, pues la pulpectomía es un reto clínico por la necesidad de lograr una buena limpieza e irrigación de los canales para eliminar los restos necróticos y microorganismos presentes.

Farhadian et al. investigaron la asociación con tratamientos pulpares y la necesidad de un tratamiento endodóntico futuro. Reportaron que los pacientes tratados con pulpectomía mayormente requieren de un solo procedimiento, y que pocos pacientes requerirían de una reintervención futura. De igual forma, concluyeron que los tratamientos endodónticos requieren de un mayor tiempo clínico, por lo que es necesario un buen manejo conductual para la cooperación de los pacientes.

Abanto et al. utilizaron una encuesta cualitativa para evaluar el éxito terapéutico y su efecto en la calidad de vida de los pacientes. Evidenciaron mejores resultados en cuanto a la calidad de vida que en los pacientes que fueron sometidos a extracciones, sin embargo, registraron un mejor impacto a los 12 meses en cuanto a la calidad de vida por sobre los pacientes sometidos a exodoncia cuanto a sintomatología, función, estado

psicológico y estrés de los padres. También reportaron menores niveles de ansiedad a los 8-12 meses post-tratamiento, concluyendo que la pulpectomía es el tratamiento de elección por sobre la exodoncia.

Extracción

En contraste, la extracción fue evaluada como una alternativa preferible en casos de dientes no restaurables o cuando el riesgo de reabsorción radicular o daño en la dentición permanente es significativo. Por ejemplo, Maldupa et al. mencionan que usualmente es el tratamiento preferido cuando hay evidencia de patología pulpar en la dentición decidua, sin embargo, se deben considerar

aspectos como la pérdida de espacio, la posible necesidad de ortodoncia y el impacto en la calidad de vida por pérdida prematura dental.

No obstante, Maldupa et al. también mencionan que indicaciones para la extracción son dientes no restaurables por caries extensa o hemorragia pulpar incontrolable, dientes próximos a la exfoliación, pulpectomías fallidas (i.e. sin alivio de síntomas ni de patología, si no desaparecen fístulas o hay presencia de exudado). Así mismo mencionan que es necesario considerar la pérdida de espacio, especialmente si el desarrollo radicular no excede de un tercio, y mencionan que en ocasiones el factor socioeconómico de los pacientes hace de este tratamiento el más preferido.

Sebourn et al. reportó que la extracción es indicada cuando se necesita un tratamiento con mayor predictibilidad, especialmente en pacientes no cooperadores. También mencionó indicaciones como casos de reabsorción radicular patológica interna y externa, radiolucidez en furca y el periápice, así como en casos donde la raíz de los dientes sucesores tenga un buen estado de desarrollo.

Farhadian et al. estipulan que la extracción es el tratamiento de elección cuando existe poca cooperación por parte del paciente, se necesitan de resultados más predecibles, así como de reducir las visitas de emergencia y la frustración de los padres. Curiosamente, evidenciaron una mayor frecuencia de extracción en dientes deciduos que definitivos, y concluyeron que usualmente es el método más efectivo y de bajo costo para patologías y/o procedimientos complejos en diente deciduos.

En contraste, Abanto et al. concluyeron que los pacientes tratados con extracción presentaron mayor nivel de ansiedad y la pérdida prematura dental causó un mayor impacto negativo sobre la calidad de vida de los pacientes.

Por otro lado, Lopes-Fatturi et al. señalaron que tras tratamientos pulpares invasivos (i.e. pulpectomía), existe mayor riesgo de necesidad de extracciones que en tratamientos pulpares conservativos. No obstante, mencionan que las extracciones son indicadas en

dientes con lesión de furca, lesión de furca, reabsorción radicular patológica, rizólisis de $\frac{2}{3}$ de la raíz, presencia de absceso y fístulas. También ponen a consideración que es necesario evaluar la necesidad de extracción ya que la pérdida prematura puede provocar problemas de fonación, masticación y de espacio en la arcada.

Recomendaciones clínicas

Los estudios revisados proporcionan directrices claras para optimizar la atención odontológica infantil. Es rescatable la recomendación de Maldupa et al. al mencionar que siempre debe de tratar a los pacientes desde el principio de mínima intervención. Se enfatiza la importancia de evaluar siempre la evidencia radiográfica antes de cualquier intervención, como destaca Lopes-Fatturi et al. en búsqueda de evidencia de lesiones de furca, reabsorción patológica y estado de rizólisis.

4. Discusión

Es importante establecer una guía práctica para la toma de decisiones clínicas en la práctica diaria al momento de enfrentar pacientes pediátricos con patologías pulpares. Por este motivo, este estudio se enfocó en evaluar las tasas de éxito, las indicaciones, contraindicaciones, posibles complicaciones y efectos sobre la calidad de vida tras un tratamiento de pulpectomía o exodoncia en dientes no vitales deciduos. Aunque este estudio se enfocó en artículos publicados a través de varios buscadores científicos, es importante señalar que no se pudo confirmar si estos artículos emplearon la mejor evidencia disponible para formular sus recomendaciones o si presentaban un bajo riesgo de sesgo.

Como se evidenció en los resultados, existe un consenso general entre los autores acerca de cuándo realizar una pulpectomía, cuando realizar una exodoncia y los riesgos asociados. Es fundamental tratar las patologías pulpares, pues se ha reportado que la falta de atención en patologías como necrosis pulpar puede causar daño al dientes sucesor permanente y producir efectos negativos a la calidad de vida del paciente [16]. Es un hecho que la pulpectomía es el tratamiento preferido a la extracción dada las condiciones clínicas adecuadas, ya que permite mantener el diente comprometido por inflamación crónica pulpar y reduce el impacto negativo a largo plazo en la calidad de vida de los pacientes [17, 18, 19, 20, 21, 22, 23].

Tanto Sebourn et al. y Madulpa et al. coinciden que se debe realizar una pulpectomía en dientes comprometidos siempre y cuando este sea restaurable con el propósito de mantenerlo en la cavidad oral [3, 20, 22]. No obstante, Sebourn et al. y Farhadian et al. recalcan una limitación de la pulpectomía: involucra un mayor tiempo clínico, lo que hace indispensable que el paciente tenga un buen grado de cooperación y que el operador pueda lograr un buen manejo conductual no farmacológico de los pacientes [18, 22]. Dou et al. considera que la poca colaboración de los pacientes pediátricos usualmente es una

de las razones para el fallo clínico de la pulpectomía y menciona que en su estudio se reportó mayores tasa de éxito en pulpectomías realizadas bajo anestesia general al poder limpiar y desinfectar profundamente el sistema radicular [3].

La pulpectomía es un tratamiento que representa un alto reto clínico por la necesidad de aislamiento absoluto con dique de goma, una buena limpieza, irrigación y obturación del sistema de conductos, así como la necesidad de una rehabilitación posterior [19, 23, 24, 25]. No obstante, como se reportó en los resultados, la pulpectomía tiene un alto índice de éxito terapéutico, con tasas de éxito de 59–69% para dientes con reabsorción radicular y de 84–90% sin reabsorción [20]. Las recomendaciones de la AADP concuerdan con este estudio, reportando que la evidencia sugiere que la pulpectomía es un tratamiento viable a largo plazo con mayor éxito para dientes deciduos sin reabsorción radicular (88–89%) sobre dientes deciduos con reabsorción radicular (47–59%) [24, 26].

En relación con el mantenimiento a largo plazo y la calidad de vida, Abanto et al. menciona que, a 12 meses, existe un menor impacto sobre la calidad de vida en los pacientes que aquellos tratados con exodoncia [17]. Estos pacientes presentaron menores niveles de ansiedad y su calidad de vida fue mucho menos impactada al mantener sus dientes hasta su período de exfoliación [17].

Entre las complicaciones usualmente asociadas la pulpectomía son el riesgo de fallo terapéutico y la extracción como único método resultante en casos de pérdida de restauración, fractura, filtración o caries secundaria y accidentes por falta de cooperación [19]. Dou et al. en su estudio retrospectivo sobre los resultados a largo plazo de pulpectomía, mencionan que una de las razón más comunes para fallo del tratamiento es la difícil eliminación de bacterias patógenas en la preparación química y mecánica, por lo que bacterias residuales aumentan el riesgo de fallo postoperatorio [3, 27].

Coll et al. mencionan que las complicaciones en la pulpectomía suelen ser raras, siendo el dolor postoperatorio un signo de alarma de un tratamiento fallido [24]. No obstante, la retención del ZOE tras la exfoliación suele ser un acontecimiento común ya que se reabsorbe a una velocidad menor que la reabsorción radicular [24]. Es importante que los clínicos evalúen el éxito del tratamiento mediante controles radiográficos mínimo cada 12 meses ya que debe existir una reducción en la radiolucidez o una resolución completa tras el tratamiento en 6 meses postoperatorios [24]. Un hallazgo curioso reportado por Dou et al. evidencia que, en pacientes de mayor edad, el tratamiento endodóntico es más probable a fallar que en pacientes más jóvenes dado cambios anatómicos relacionados a la edad en las dimensiones de los canales, lo que dificulta la instrumentación endodóntica [3].

Sin embargo, cuando existe una poca colaboración por parte del paciente, los autores recomiendan que un tratamiento radical como la exodoncia puede ser una buena alternativa ya que reduce el tiempo clínico, tiene menor costo y tiene una mayor predictibilidad de éxito [18, 20, 22]. Otra opción para el manejo de pacientes no colaboradores es el tratamiento con pulpectomía bajo sedación y anestesia general, sin embargo, esto implica un mayor costo y la literatura no demuestra una diferencia en el riesgo de recurrencia con tratamientos pulpares convencionales [26, 28].

Es importante diferenciar cuando existe una necesidad innegable de exodoncia como tratamiento. Situaciones como dientes imposibles de rehabilitar, ausencia de resolución patológica, presencia continua de fístulas, abscesos o incluso evidencia de exudado purulento son claras indicaciones para la exodoncia [20, 21, 24, 27]. En el estudio de Morgan et al., se destaca que usualmente los pacientes llegan a la consulta ya con un estado de progresión de caries avanzado, en donde usualmente el único tratamiento indicado es la extracción dental [16]. Además, la AADP recomienda que se indica la extracción en pacientes con caries avanzadas y con señales de patología pulpar, lo que coincide con los resultados obtenidos del estudio de Maldupa et al. [16, 12]. Lakhani et al. también mencionan que en el Reino Unido existe una alta aceptación social de extracciones bajo sedación o anestesia general, y usualmente es el tratamiento más apropiado para pacientes con caries extensa o aquellos que experimentan sintomatología crónica [29].

Los hallazgos que nos pueden ayudar a definir la necesidad de exodoncia son la radiolucidez a nivel de furca y periápice, evidencia de reabsorción radicular patológica extensa interna o externa [22, 24, 27, 28].

Tanto Farhadian et al. como Alsheneifi et al. mencionan que la extracción de dientes deciduos son procedimientos frecuentes en pacientes pediátricos [18, 30]. Es importante que antes de realizar cualquier tipo de tratamiento, se tome en cuenta una planificación adecuada para mejorar el pronóstico y reducir el impacto sobre la calidad de vida, considerando que parámetros como la rizólisis de $\frac{2}{3}$ radicales, preferiblemente en dientes próximos a la exfoliación [19, 20, 29]. Sankar et al., menciona que otros factores decisivos al momento de realizar la planificación son factores familiares como el ingreso económico, nivel de educación, higiene oral, tabaquismo y género del representante legal [21].

Entre las complicaciones asociadas a la extracción se relacionan principalmente a la pérdida prematura de dientes deciduos, que provocan problemas extensamente documentados de fonación, masticación, desarrollo de hábitos parafuncionales, reducción de espacio en arcada, desarrollo de maloclusión, y la necesidad de mantenedores de espacio cuando la formación radicular no excede un tercio de desarrollo, así como reportes de mayor nivel de ansiedad y un mayor impacto negativo sobre la calidad de vida [16, 17,

19, 20, 21, 26, 27]. Morgan et al. menciona que, aunque el mantenedor de espacio es vital para proteger la oclusión del paciente, se ha evidencia que la presencia de esta aparatología está asociada a un aumento en la acumulación de placa bacteriana, lo que aumenta la incidencia de caries y enfermedad periodontal [16]. A esto, hay que aumentar el mayor riesgo de acumulación de placa dada la pobre higiene oral que presentan muchos pacientes pediátricos al depender de sus padres/guardianes [16].

Lamentablemente, la exacerbación aguda de los casos por compromiso pulpar y el descuido de los padres en cuánto a la salud oral de los niños son usualmente el porqué de motivos de consulta tardíos, en donde el tratamiento con exodoncia es la única opción viable [27].

Es importante destacar ciertas limitaciones del presente estudio. En base a la metodología empleada y las palabras clave utilizadas para la búsqueda bibliográfica, cabe mencionar que existe una muestra limitada de artículos en los que se comparan explícitamente los resultados en la calidad de vida tras tratamientos como pulpectomía y exodoncia, y aunque se logró obtener un análisis exhaustivo, se requiere de más literatura para extrapolar conclusiones definitivas. Es necesaria una investigación clínica enfocada en la toma de decisiones en la práctica diaria para poder realizar una guía práctica clínica basada en tasas de éxito cuantificables, a fin de ofrecer el mejor tratamiento a los pacientes.

5. Conclusiones

La elección entre pulpectomía y extracción en odontopediatría es un proceso complejo que depende de múltiples factores, incluidos el estado clínico del diente, la experiencia del profesional y las preferencias familiares. Los estudios analizados destacan la relevancia de adoptar un enfoque basado en la evidencia, que priorice tanto el bienestar inmediato como el desarrollo dental a largo plazo de los pacientes.

En términos generales, la literatura aboga por priorizar la conservación de los dientes siempre que sea posible, aunque reconoce la necesidad de extracciones en situaciones donde el pronóstico de restauración sea limitado. Estas decisiones deben ir acompañadas de una comunicación efectiva con los padres y cuidadores, asegurando que comprendan los beneficios y riesgos asociados con cada opción terapéutica.

La investigación futura deberá continuar explorando tecnologías y técnicas emergentes que mejoren los resultados clínicos, así como fortalecer las estrategias preventivas para minimizar la necesidad de intervenciones invasivas. Esta revisión reafirma la importancia de integrar la investigación científica con la práctica clínica para garantizar la salud bucodental de las generaciones más jóvenes.

Contribución de autores: R.E.Z.-P. conceptualizó el estudio, diseñó la metodología y redactó el borrador inicial. J.E.C.A., DDS, MSc, supervisó el proceso de investigación, revisó críticamente el manuscrito y validó los resultados. A.A.M.B. realizó la revisión bibliográfica y contribuyó en la recopilación y análisis de los datos. M.J.M.T. contribuyó a la interpretación de los resultados y proporcionó valiosos aportes para la revisión del manuscrito.

Financiamiento: Este estudio no ha recibido financiamiento externo de ninguna institución o entidad. Los costos asociados con la investigación fueron cubiertos por los propios autores..

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses relacionado con este estudio.

Referencias

1. Romero-González, M. A. (2019). Azúcar y caries dental. *Revista Odontología Pediátrica*, 18(1), 4–11.
2. Xiao, J., Fiscella, K. A., & Gill, S. R. (2020). Oral microbiome: possible harbinger for children's health. *International journal of oral science*, 12(1), 12.
3. Dou, G., Wang, D., Zhang, S., Ma, W., Xu, M., & Xia, B. (2022). A retrospective study on the long-term outcomes of pulpectomy and influencing factors in primary teeth. *Journal of Dental Sciences*, 17(2), 771–779. <https://doi.org/10.1016/J.JDS.2021.10.007>
4. Lopes, L. B., Calvão, C., Vieira, F. S., Neves, J. A., Mendes, J. J., Machado, V., & Botelho, J. (2021). Vital and Nonvital Pulp Therapy in Primary Dentition: An Umbrella Review. *Journal of Clinical Medicine*, 11(1), 85. <https://doi.org/10.3390/jcm1101008>
5. Ramakrishnan, M., Banu, S., Ningthoujam, S., & Samuel, V. A. (2019). Evaluation of knowledge and attitude of parents about the importance of maintaining primary dentition – A cross-sectional study. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 8(2), 414. https://doi.org/10.4103/JFMPC.JFMPC_371_18
6. Rojas-Briceño, N. B., Oc Carrasco, O. J., Silva Díaz, Y. A., Ordinola Ramírez, C. M., Pizarro Salazar, O., Tuesta-Mendoza, S. J., & Silva-López, J. O. (2024). Knowledge and Attitudes of Parents about Oral Health in the Primary Dentition Stage in a Peruvian High Andean City. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(2), 154. <https://doi.org/10.3390/IJERPH21020154/S1>
7. Centeno, J. E. O., Guerrero, R. N., Sotelo, V. M. R., & Loreli, R. M. C. (2022). Anatomía de la dentición temporal. *Revista latinoamericana de ortodoncia y odontopediatría*.
8. Gizani, S., Seremidi, K., Stratigaki, E., Tong, H. J., Duggal, M., & Kloukos, D. (2021). Vital Pulp Therapy in Primary Teeth with Deep Caries: An Umbrella Review. *Pediatric Dentistry*, 6(43), 426–437.

9. Alvarez-Raico, S. L., León-Manco, R. A., & Díaz-Pizán, M. E. (2021). Injurias traumáticas dentales en niños y adolescentes de un Centro Dental Docente de la Universidad Peruana Cayetano Heredia. *Revista Estomatológica Herediana*, 31(4), 248–255.
10. Gomes, M. C., Perazzo, M. F., Neves, É. T. B., Siqueira, M. B. L. D., Paiva, S. M., & Granville-Garcia, A. F. (2022). Premature Primary Tooth Loss and Oral Health-Related Quality of Life in Preschool Children. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2022, Vol. 19, Page 12163, 19(19), 12163. <https://doi.org/10.3390/IJERPH191912163>
11. Setty, J. V., & Srinivasan, I. (2016). Knowledge and Awareness of Primary Teeth and Their Importance among Parents in Bengaluru City, India. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 9(1), 56. <https://doi.org/10.5005/JP-JOURNALS-10005-1334>
12. Cosme, T. (2019). Impacto de la caries dental sobre la calidad de vida en preescolares peruanos. *Revista Kiru*, 16(1).
13. Munayco-Pantoja, E. R., Pereyra-Zaldívar, H., & Cadillo-Ibarra, M. M. (2020). Calidad de vida relacionada a la salud bucal en niños peruanos con caries de infancia temprana severa. *Odontoestomatología*, 22(36), 4–14.
14. Mariño, Y. B., Cruz, D. P., Terán, J. S., & Hidalgo, L. G. (2022). Intervención educativa sobre caries dental en niños de seis a diez años. *Revista Estudiantil HolCien*, 3(1)
15. Coll, J. A., Dhar, V., & Vargas, K. (2022). Lineamientos para el uso de terapias pulpares en dientes primarios con pulpas no-vitales. *Revista de Odontopediatría Latinoamericana*, 12(1).
16. Morgan, H. I., Kabil, N., & Shahawy, O. El. (2023). Assessing the impact of two treatment methods for primary molars on gingival health and oral health related quality of life of patients. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 24(8), 305–312.
17. Abanto, J., Tsakos, G., Olegário, I. C., Paiva, S. M., Mendes, F. M., Ardenghi, T. M., & Bönecker, M. (2024). Impact of pulpectomy versus tooth extraction in children's oral health-related quality of life: A randomized clinical trial. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 52(1), 13–23.
18. Farhadian, A., Issa, M. A., Kingsley, K., & Sullivan, V. (2024). Analysis of Pediatric Pulpotomy, Pulpectomy, and Extractions in Primary Teeth Revealed No Significant Association with Subsequent Root Canal Therapy and Extractions in Permanent Teeth: A Retrospective Study. *Pediatric Reports* 2024, Vol. 16, Pages 438–450, 16(2), 438–450. <https://doi.org/10.3390/PEDIATRIC16020038>
19. Lopes-Fatturi, A., de Souza, J. F., Menezes, J. V. N. B., Fraiz, F. C., & Assunção, L. R. da S. (2020). A Survival Analysis of Different Pulp Therapies in Decayed Primary Teeth. *Pesquisa Brasileira Em Odontopediatria e Clínica Integrada*, 20, e4822. <https://doi.org/10.1590/PBOCI.2020.038>
20. Maldupa, I., Al-Yaseen, W., Giese, J., Ahmed Elagami, R., & Raggio, D. P. (2024). Recommended procedures for managing carious lesions in primary teeth with pulp

involvement—a scoping review. *BDJ Open*, 10(1), 74. <https://doi.org/10.1038/s41405-024-00259-8>

21. Sankar, P., Mani, G., & Ravindran, V. (2021). Nature and Pattern Of Primary Teeth Extraction Among Children In Chennai City With Early Childhood Caries. *Journal of Contemporary Issues in Business and Government*, 27(02). <https://doi.org/10.47750/cibg.2021.27.02.338>
22. Sebourn, S., Yu, Q., & Ritwik, P. (2020). Pulpectomy versus Extraction for the Treatment of Nonvital Primary Second Molars: A Retrospective Chart Review. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 44(5), 302–306. <https://doi.org/10.17796/1053-4625-44.5.3>.



© 2024 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

Evaluación Comparativa de Métodos de Levantamiento Topográfico en Minería: Estación Total y Fotogrametría con RPAS y GPD Diferencial.

Vicente Emmanuel Ortega Cárdenas¹  Fausto David Quevedo Pesántez¹  Goethe Palomeque Larriva¹ 

¹ Universidad Católica de Cuenca, Azogues Ecuador.

✉ Correspondencia: emmanuel.palomeque@ucacue.edu.ec  + 593 96 706 8909

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj73192>

Resumen: La topografía constituye una herramienta técnica fundamental para la caracterización y modelado preciso de terrenos en proyectos de minería a cielo abierto, donde la calidad y eficiencia de los datos geoespaciales son determinantes para optimizar las operaciones y garantizar la seguridad estructural. Por esa razón, este estudio evalúa tres métodos de levantamiento topográfico aplicados en la mina "Colina Verde", cantón Azogues: estación total, fotogrametría aérea con RPAS y GPS diferencial. El objetivo es identificar la técnica más eficiente en términos de tiempo, costos y precisión para optimizar la topografía en minería a cielo abierto. La investigación compara aspectos como la velocidad de adquisición de datos, exactitud, eliminación de errores, exportación y almacenamiento de información, seguridad del personal, influencia climática y generación de modelos digitales (DTM y DSM). Los resultados indican que, aunque las precisiones de los métodos son comparables, la fotogrametría aérea sobresale por su capacidad para generar modelos topográficos detallados, reducir tiempos de ejecución en campo y minimizar riesgos asociados a terrenos difíciles. Sin embargo, requiere mayor tiempo y recursos para el procesamiento de datos. En contraste, la estación total se adapta mejor a objetivos específicos en áreas accesibles, aunque presenta limitaciones en terrenos complejos. Se concluye que la fotogrametría aérea es la alternativa más eficiente en proyectos con alta densidad de datos y áreas extensas, destacándose por su rapidez y seguridad. Se recomienda su uso en combinación con métodos tradicionales para mejorar la precisión y confiabilidad de los levantamientos.

Palabras claves: Estación Total, Fotogrametría Aérea, GPS Diferencial, Topografía.



Cita: Ortega Cárdenas, Vicente Emmanuel Quevedo Pesántez, F. D., & Larriva, G. P. (2024). Evaluación Comparativa de Métodos de Levantamiento Topográfico en Minería: Estación Total y Fotogrametría con RPAS y GPD Diferencial. Green World Journal, 07(03), 192.

<https://doi.org/10.53313/gwj73192>

Received: 30/October/2024

Accepted: 16/December/2024

Published: 17/December/2024

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.



© 2024 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>

Comparative Evaluation of Topographic Survey Methods in Mining: Total Station, RPAS Photogrammetry, and Differential GPS.

Abstract: Topography is a fundamental technical tool for the characterization and precise modeling of terrains in open-pit mining projects, where the quality and efficiency of geospatial data are critical for optimizing operations and ensuring structural safety. For this reason, this study evaluates three topographic survey methods applied at the "Colina Verde" mine in Azogues canton: total station, aerial photogrammetry with RPAS, and differential GPS. The objective is to identify the most efficient technique in terms of time, costs, and accuracy to optimize open-pit mining topography. The research compares aspects such as data acquisition speed, accuracy, error elimination, data export and storage, personnel safety, climatic influence, and the generation of digital models (DTM and DSM). Results indicate that although the accuracy of the methods is comparable, aerial photogrammetry excels in generating detailed topographic models, reducing field execution time, and minimizing risks associated with difficult terrains. However, it requires more time and resources for data processing. In contrast, the total station is better suited for specific objectives in accessible areas but presents limitations in complex terrains. It is concluded that aerial photogrammetry is the most efficient alternative for projects requiring high data density and extensive areas, standing out for its speed and safety. Its combined use with traditional methods is recommended to enhance the accuracy and reliability of surveys.

Keywords: Aerial Photogrammetry, Differential GPS, Topography, Total Station.

1. Introducción.

La topografía, como disciplina fundamental de la ingeniería civil y minera, ha evolucionado significativamente en las últimas décadas, impulsada por el avance de tecnologías de medición más rápidas, precisas y seguras. Su relevancia radica en proporcionar datos geoespaciales esenciales para la planificación, ejecución y monitoreo de proyectos, especialmente en sectores críticos como la minería a cielo abierto. Esta industria exige modelos topográficos precisos que permitan optimizar la extracción de recursos, evaluar reservas minerales y garantizar la seguridad de las operaciones. Sin embargo, la selección del método topográfico más adecuado sigue siendo un desafío, especialmente en terrenos complejos o de difícil acceso [1,2].

En la actualidad, los métodos de levantamiento topográfico han ampliado sus horizontes desde técnicas tradicionales como la estación total, hasta tecnologías modernas como la fotogrametría aérea mediante RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) y el uso de GPS diferencial. Cada uno de estos métodos presenta ventajas y limitaciones según las condiciones del terreno y los objetivos del proyecto. Por ejemplo, la estación total, ampliamente utilizada por su precisión en levantamientos específicos, se enfrenta a limitaciones en terrenos de alta pendiente y vegetación densa [3,4]. Por otro lado, los RPAS han revolucionado el campo al proporcionar datos detallados en tiempos significativamente reducidos, aunque con mayores requerimientos en procesamiento de datos y costos de equipo [5,6].

El propósito de este trabajo es evaluar comparativamente estos tres métodos en el contexto de un proyecto minero en la mina "Colina Verde", ubicada en el cantón Azogues. Este análisis busca determinar el método más eficiente en términos de precisión, tiempo, costos y seguridad. La investigación se centra en comparar aspectos clave como la velocidad de adquisición de datos, la exactitud en la generación de modelos digitales (DTM y DSM), la influencia de las condiciones climáticas y la facilidad de acceso a terrenos complejos.

Desde un enfoque macro, este estudio aborda la necesidad global de optimizar la explotación de recursos minerales mediante herramientas tecnológicas avanzadas. A nivel regional, en el contexto de América Latina, donde las operaciones mineras enfrentan retos geográficos y económicos particulares, se resalta la importancia de adaptar las técnicas de levantamiento topográfico a estas

condiciones [7]. Finalmente, desde un análisis micro, se examinan las características específicas de la mina "Colina Verde", con el objetivo de brindar soluciones precisas y aplicables al sector.

La hipótesis principal plantea que la fotogrametría aérea con RPAS, debido a su capacidad para generar nubes de puntos densas y modelos tridimensionales detallados, es más eficiente que la estación total y el GPS diferencial en terrenos extensos y de difícil acceso. Este enfoque no solo mejorará la calidad de los levantamientos, sino que también contribuirá a reducir los riesgos asociados a la seguridad del personal y a optimizar los tiempos de ejecución.

La literatura reciente apoya esta perspectiva, destacando el creciente interés en los RPAS para aplicaciones en minería debido a su versatilidad y precisión [8,9]. No obstante, investigaciones previas también han señalado limitaciones, como la dependencia de condiciones climáticas favorables y la necesidad de un procesamiento avanzado de datos [10,11]. Este trabajo se suma a esta línea de investigación al proporcionar una evaluación detallada de estos métodos en un contexto práctico, permitiendo a los profesionales del sector tomar decisiones informadas al seleccionar tecnologías para proyectos específicos.

En resumen, esta investigación no solo tiene como objetivo optimizar las operaciones mineras en "Colina Verde", sino también ofrecer un marco de referencia para la selección de métodos topográficos en proyectos similares. Al contribuir al desarrollo de estrategias más eficientes, seguras y sostenibles, este estudio responde a las necesidades actuales del sector y sienta las bases para futuras investigaciones en el campo de la topografía aplicada.

2. Materiales y métodos

Los materiales y métodos deben describirse con suficientes detalles para que otros puedan reproducirse y basarse en los resultados publicados. Tenga en cuenta que la publicación de su manuscrito implica que debe poner a disposición de los lectores todos los materiales, datos, código informático y protocolos asociados con la publicación. Sírvase revelar en la etapa de presentación cualquier restricción sobre la disponibilidad de materiales o información. Los nuevos métodos y protocolos deben describirse en detalle, mientras que los métodos bien establecidos pueden describirse brevemente y citarse adecuadamente. Por lo general es recomendable separar en dos secciones:

2.1. Área de estudio.

La investigación se llevó a cabo en la mina "Colina Verde," ubicada en el cantón Azogues, provincia del Cañar, Ecuador. Esta mina a cielo abierto presenta características geográficas desafiantes, tales como terrenos de alta pendiente, vegetación densa y condiciones climáticas variables, lo que hace imprescindible el uso de técnicas topográficas eficientes y precisas. El área de estudio, de aproximadamente 13 hectáreas, fue seleccionada por su representatividad en el contexto de las operaciones mineras. La delimitación del polígono de levantamiento se realizó utilizando herramientas SIG, considerando tanto las zonas de explotación activa como las vías de acceso principales, para garantizar una cobertura completa y adecuada de las condiciones reales del terreno.

La elección del sitio permitió evaluar la aplicabilidad y eficiencia de los métodos seleccionados en escenarios con limitaciones prácticas, como accesibilidad restringida y variaciones significativas en el relieve. Estos factores fueron determinantes para probar la viabilidad técnica y operativa de cada método bajo condiciones reales y complejas, asegurando resultados robustos que puedan extrapolarse a proyectos similares [9].

2.2 Métodos

Levantamiento Topográfico con Estación Total.

Para el levantamiento topográfico con estación total, se utilizó un equipo Trimble M3, conocido por su precisión en mediciones específicas y su robustez en entornos desafiantes. El proceso comenzó con la selección y preparación del punto base de referencia (BM), desde donde se establecieron las coordenadas iniciales utilizando un sistema de coordenadas local. El equipo fue cuidadosamente centrado y nivelado para minimizar errores instrumentales. Posteriormente, se configuraron parámetros clave, como la altura del instrumento y del prisma, el acimut predeterminado y las tolerancias aceptables para la captura de datos [12]. El levantamiento de campo se estructuró en cuatro cambios de estación para cubrir la totalidad del área de estudio. En cada estación, se utilizaron estrategias de triangulación y medición angular para garantizar la conectividad entre los puntos y evitar discrepancias en las mediciones. En total, se registraron 636 puntos distribuidos estratégicamente para capturar las principales características geométricas del terreno, tales como cambios abruptos en pendientes, ubicaciones de vías de acceso y áreas de acumulación de material [13].

Los datos obtenidos se procesaron en el software Civil 3D, donde se realizó una revisión exhaustiva de las mediciones para corregir posibles errores y omisiones. Posteriormente, se generaron modelos digitales de terreno (DTM) y perfiles longitudinales que reflejaron con detalle las características altimétricas y planimétricas del área de estudio. Este proceso también incluyó el cálculo de volúmenes y áreas específicas para evaluar la viabilidad de las operaciones mineras [14].

Fotogrametría Aérea con RPAS.

El levantamiento fotogramétrico se realizó utilizando un RPA's (Remotely Piloted Aircraft), denominado DJI Mavic 2 Pro equipado con un sensor CMOS de alta resolución y un sistema RTK (Real-Time Kinematic) para mejorar la precisión de la georreferenciación. El primer paso fue la planificación del vuelo, que se llevó a cabo utilizando el software DroneDeploy. Este programa permitió definir un plan de vuelo optimizado con un GSD (Ground Sampling Distance) de 2.5 cm/píxel, recubrimientos frontales del 75% y laterales del 50%, garantizando una cobertura adecuada y un solapamiento suficiente entre las imágenes capturadas [8]. Durante la fase de vuelo, el dron operó a una altura constante de 110 metros sobre el nivel del terreno, capturando un total de 845 imágenes georreferenciadas en un tiempo de dos horas. Estas imágenes se complementaron con la implementación de seis puntos de control terrestre (GCP), distribuidos estratégicamente en el área de estudio. Los GCP se identificaron con marcadores visibles desde el aire y se midieron con precisión utilizando un sistema RTK FOIF A90 [13].

El procesamiento de las imágenes se llevó a cabo en el software Pix4Dmapper, el cual permitió generar productos de alta calidad como ortofotos, nubes de puntos densas y modelos digitales de terreno (DTM y DSM). El flujo de trabajo incluyó la importación de las imágenes capturadas, la alineación automática de los puntos de referencia y la construcción de los modelos tridimensionales, ajustados según las coordenadas de los GCP para corregir posibles desviaciones en la georreferenciación [15].

Georreferenciación y Puntos de Control (GCP).

La georreferenciación fue un componente esencial para garantizar la precisión de los levantamientos fotogramétricos. Los seis puntos de control terrestre (GCP) fueron establecidos en ubicaciones estratégicas, priorizando áreas de alta pendiente y sitios críticos dentro del polígono de estudio. Cada punto fue identificado con marcadores físicos claramente visibles desde las imágenes

aéreas y georreferenciados mediante el sistema RTK FOIF A90, conocido por su alta precisión en aplicaciones topográficas [9,14].

El proceso de medición incluyó la configuración de una base estacionaria en el punto más alto del área de estudio, asegurando una conexión estable con al menos 21 satélites durante un período de 45 minutos. Los GCP se midieron en intervalos de tres minutos, registrando coordenadas con precisiones subcentimétricas. Estos datos se utilizaron posteriormente para ajustar los modelos fotogramétricos y corregir errores absolutos y relativos, garantizando una alineación precisa con el sistema de coordenadas del proyecto [16].

Comparación de Métodos y Análisis de Resultados.

La comparación de los métodos se centró en tres criterios principales: precisión, tiempo de ejecución y costos. En términos de precisión, se evaluaron las diferencias absolutas y relativas en las coordenadas de los GCP obtenidas con ambos métodos. Aunque ambas técnicas presentaron precisiones aceptables, la densidad de datos generada por la fotogrametría aérea destacó como un factor diferencial en terrenos complejos [11]. En cuanto al tiempo de ejecución, se registraron los períodos necesarios para la captura de datos en campo y el procesamiento en gabinete. La fotogrametría aérea redujo el tiempo de recolección en campo en un 81.25% en comparación con la estación total, aunque demandó más tiempo en el procesamiento debido al volumen de datos generados [13,18].

Finalmente, se realizó un análisis económico que consideró costos de equipos, software y recursos humanos. Aunque la inversión inicial para la fotogrametría aérea fue mayor, su relación costo-beneficio resultó más favorable para proyectos a gran escala [12]. Este análisis permitió identificar las fortalezas y limitaciones de cada método, proporcionando una base sólida para la selección de la técnica más adecuada según las características del proyecto.

3. Resultados

3.1. Precisión de los Levantamientos Topográficos.

La evaluación de precisión se realizó comparando las coordenadas norte, este y elevación de los puntos de control (GCP) obtenidos mediante la estación total y la fotogrametría aérea. Las desviaciones encontradas fueron mínimas, con una diferencia máxima en el eje norte de -0.0302 m, en el eje este de 0.0935 m y en la elevación de 0.4852 m. Estos resultados demuestran que ambos métodos presentan precisiones aceptables para aplicaciones mineras, aunque la fotogrametría aérea ofrece una densidad de puntos significativamente mayor. Este detalle se refleja en la calidad de los modelos digitales de terreno (DTM) generados, donde la estación total muestra limitaciones debido a la menor cantidad de puntos medidos. Las Tablas 1, 2 y 3 muestran los resultados de los puntos de control para cada método y las discrepancias obtenidas.

Tabla 1. Coordenadas de los GCP obtenidas a través de levantamiento topográfico con estación total.

Puntos de Control	Norte [m]	Este [m]	Elevación [msnm]
1	9686410,9415	735323,7265	2508,9412
2	9686198,1201	735292,6416	2456,4872
3	9686410,3083	735454,9757	2470,8421
4	9686284,5688	735425,8825	2436,7125

5	9686310,8462	735583,5581	2410,4731
6	9686432,3785	735705,9625	2383,6469

Tabla 2. Coordenadas de los GCP obtenidas a través de levantamiento aerofotogramétrico.

Puntos de Control	Norte [m]	Este [m]	Elevación [msnm]
1	9686410,940	735323,775	2508,456
2	9686198,116	735292,688	2456,653
3	9686410,282	735455,002	2470,623
4	9686284,599	735425,789	2436,383
5	9686310,853	735583,589	2410,873
6	9686432,389	735705,989	2383,205

Tabla 3. Discrepancia de coordenadas en metros entre la estación total y la aerofotogrametría.

Puntos de Control	Norte [m]	Este [m]	Elevación [msnm]
1	0,0015	-0,0485	0,4852
2	0,0041	-0,047	-0,1658
3	0,0263	-0,0263	0,2191
4	-0,0302	0,0935	0,3295
5	-0,0068	-0,0309	-0,3999
6	-0,0105	-0,0265	0,4419

3.2. Tiempo de Ejecución.

En términos de tiempo (Figura 1), los resultados muestran que la fotogrametría aérea es considerablemente más rápida en el campo, reduciendo el tiempo de ejecución en un 81.25% en comparación con la estación total. Mientras que el levantamiento con estación total requirió una semana de trabajo para la recolección de 636 puntos, la fotogrametría aérea capturó 845 imágenes en solo dos horas. Sin embargo, la fase de procesamiento en gabinete tomó un 15% más de tiempo para la fotogrametría debido a las correcciones y clasificaciones necesarias en el software Pix4Dmapper.

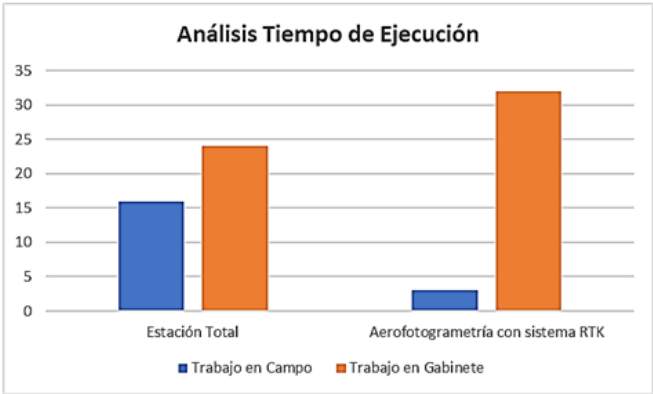


Figura 1. Comparación de tiempos de ejecución con los diferentes métodos.

3.3. Costos de ejecución de trabajos.

El análisis económico mostrado en la Figura 2 indica que, aunque el costo inicial de la fotogrametría aérea es más elevado debido al precio del equipo, software y capacitación del personal, resulta más eficiente para proyectos a gran escala. En este estudio, el costo total de la fotogrametría fue un 30% superior al de la estación total, pero la reducción del tiempo de trabajo en campo compensa esta inversión en proyectos extensos y complejos.

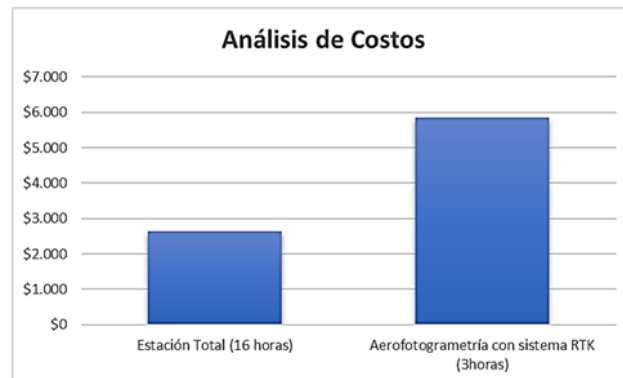


Figura 2. Comparación de costos entre Estación Total y Fotogrametría con RTK.

3.4. Perfiles Topográficos.

Los perfiles generados a partir de ambos métodos muestran diferencias importantes (Figura 3 y Figura 4). El levantamiento con estación total produjo perfiles menos detallados, especialmente en áreas de alta pendiente, debido a la limitada cantidad de puntos de medición. Por otro lado, la fotogrametría aérea generó perfiles más realistas y continuos gracias a la densidad de su nube de puntos. Esto es particularmente evidente en las áreas de taludes y caminos, donde el modelo fotogramétrico representa con mayor precisión las variaciones del terreno.

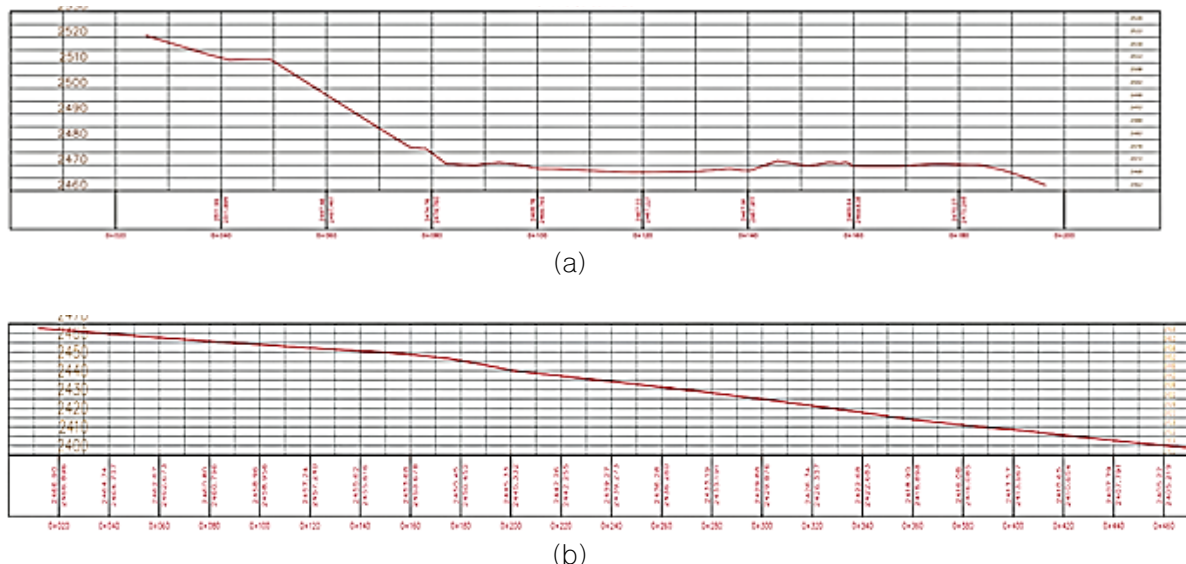


Figura 3. Generación de a) perfil 1 y b) perfil 2 con datos de Estación Total en CIVIL 3D.

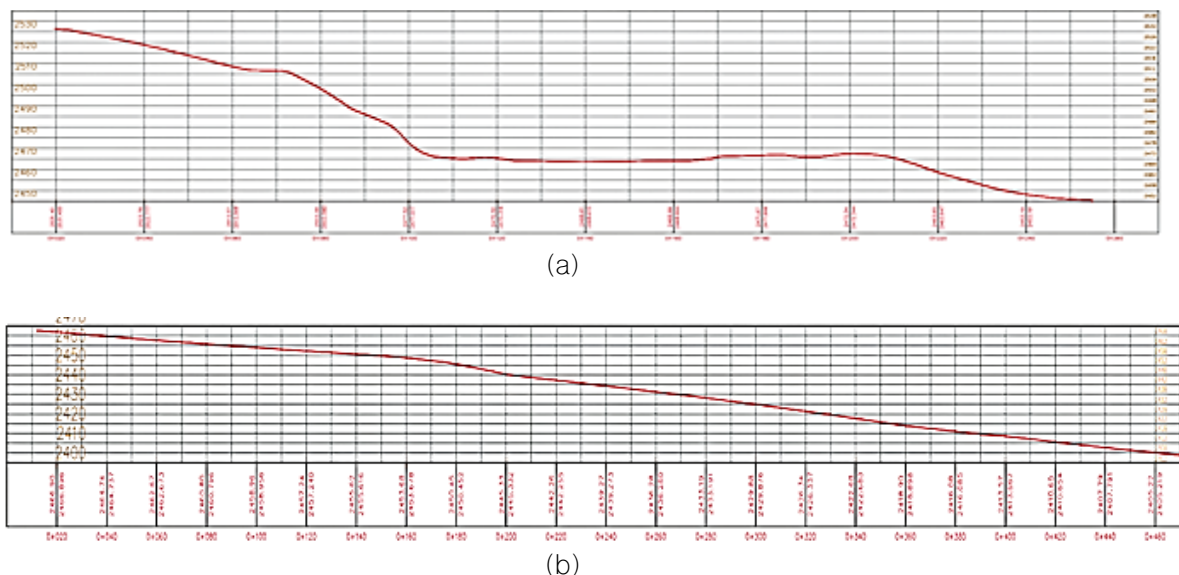


Figura 4. Generación de a) perfil 1 y b) perfil 2 con datos de Aerofotogrametría en CIVIL 3D.

3.5. Volúmenes del Terreno.

En la medición de volúmenes, ambos métodos mostraron resultados consistentes como se observa en la Figura 5, con una desviación máxima de 0.03 m^3 , dentro de los márgenes de error aceptables. Sin embargo, la fotogrametría aérea permitió una estimación más detallada debido a su capacidad para capturar grandes cantidades de datos en un menor tiempo, especialmente en terrenos con vegetación densa y pendientes pronunciadas.

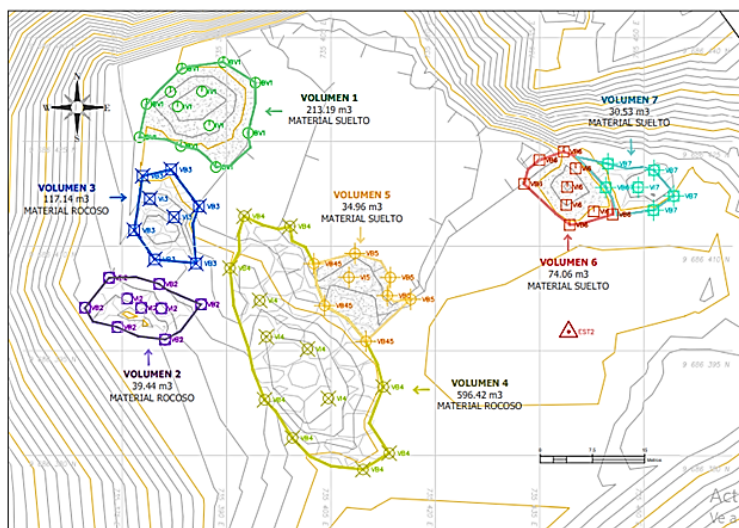


Figura 5. Determinación de volúmenes de material en mina.

4. Discusión

La comparación de las coordenadas de los puntos de control georreferenciados obtenidos mediante estación total y fotogrametría aérea destaca que ambos métodos son altamente precisos. Sin embargo, la fotogrametría aérea mostró ventajas significativas en densidad de puntos, un aspecto crucial en proyectos donde se requiere una alta resolución del modelo del terreno [9]. Mientras que la estación total registró un total de 636 puntos en el área de estudio, la fotogrametría logró generar

nubes de puntos que alcanzan millones de datos, lo que mejora notablemente la capacidad de análisis y modelado en zonas con pendientes pronunciadas y vegetación densa [11].

La diferencia máxima en las coordenadas entre ambos métodos fue de -0.0302 m en el eje norte, 0.0935 m en el este y 0.4852 m en elevación. Aunque estas discrepancias son mínimas y aceptables dentro de estándares técnicos, resaltan la capacidad de la fotogrametría aérea para representar detalles que pueden ser omitidos por la menor cantidad de puntos de medición de la estación total [7]. Estas diferencias se evidencian en la calidad de los modelos digitales generados, donde el levantamiento fotogramétrico proporciona una superficie continua y detallada, especialmente útil en áreas críticas como taludes y accesos principales [13].

El tiempo es un factor crítico en proyectos mineros, y los resultados obtenidos reflejan una notable superioridad de la fotogrametría aérea en este aspecto. Mientras que la estación total requirió aproximadamente cinco días laborables para completar el levantamiento de 13 hectáreas, el dron DJI Mavic 2 Pro capturó las imágenes necesarias en solo dos horas [8]. Esta diferencia del 81.25% en el tiempo de recolección de datos subraya la eficiencia de la tecnología RPAS en condiciones de campo [10].

No obstante, es importante mencionar que la etapa de procesamiento en gabinete fue más exigente para la fotogrametría, requiriendo alrededor de un 15% más de tiempo que la estación total [14]. Esto se debe a la necesidad de procesar grandes volúmenes de datos, aplicar correcciones geográficas y generar productos como ortofotos, DTM y DSM. Sin embargo, este tiempo adicional se compensa con creces en proyectos de mayor escala, donde el tiempo ahorrado en campo tiene un impacto significativo en los costos operativos y la planificación general del proyecto [15].

El análisis económico indica que la fotogrametría aérea requiere una inversión inicial más elevada debido al costo del dron, el software especializado y la capacitación del personal [12]. Sin embargo, en proyectos a gran escala, este método resulta más rentable al reducir significativamente los tiempos de trabajo y los riesgos asociados con las operaciones en terrenos peligrosos. La relación costo-beneficio es particularmente favorable en proyectos que abarcan áreas extensas o donde las condiciones del terreno dificultan el uso de métodos tradicionales [13].

En este estudio, se observó que el costo total de la fotogrametría aérea fue un 30% superior al de la estación total. No obstante, esta diferencia se diluye en proyectos de gran magnitud debido al ahorro en tiempo de ejecución y la mayor densidad de información generada, que reduce la necesidad de realizar levantamientos adicionales o correcciones posteriores [7].

Los perfiles topográficos generados con fotogrametría aérea mostraron una continuidad y realismo superiores en comparación con los obtenidos mediante estación total [14]. En áreas de alta pendiente y vegetación densa, donde la estación total tiende a generar datos discontinuos, el uso de RPAS permitió obtener modelos digitales con mayor precisión y continuidad [9]. Esta ventaja facilita la planificación de proyectos mineros, donde es crucial contar con modelos precisos para calcular volúmenes de corte y relleno, diseñar taludes estables y optimizar los accesos [11].

En cuanto a la medición de volúmenes, ambos métodos mostraron resultados consistentes, con una desviación máxima de 0.03 m^3 . Sin embargo, la capacidad de la fotogrametría para capturar más datos en menos tiempo mejora la exactitud de las estimaciones, especialmente en terrenos irregulares. Esta precisión adicional puede tener implicaciones significativas en la planificación económica y operativa de proyectos a gran escala [15].

Los hallazgos de este estudio tienen aplicaciones prácticas inmediatas en la industria minera. La incorporación de RPAS en levantamientos topográficos no solo optimiza la eficiencia operativa, sino que también mejora la seguridad del personal al reducir la necesidad de trabajos en terrenos peligrosos [12]. Además, la capacidad de los drones para generar modelos de alta resolución en menos tiempo y con mayor detalle abre nuevas oportunidades para mejorar la precisión y

sostenibilidad de las operaciones mineras [19,20]. Futuras investigaciones podrían enfocarse en evaluar el desempeño de los RPAS en condiciones climáticas adversas, así como en el desarrollo de algoritmos más eficientes para el procesamiento de datos [21]. Asimismo, sería valioso explorar la integración de la fotogrametría aérea con otras tecnologías, como el escaneo láser terrestre, para mejorar aún más la precisión y eficiencia de los levantamientos topográficos.

5. Conclusión

Este estudio evaluó comparativamente los métodos de levantamiento topográfico con estación total y fotogrametría aérea con RPAS, aplicados en la mina "Colina Verde". Los resultados confirman que ambos métodos son técnicamente viables, pero presentan diferencias significativas en términos de precisión, tiempo de ejecución, costos y capacidad para adaptarse a las condiciones del terreno.

La fotogrametría aérea demostró ser una solución más eficiente y versátil, especialmente en proyectos que abarcan áreas extensas o de difícil acceso. Su capacidad para generar nubes de puntos densas y modelos tridimensionales detallados permite obtener representaciones más precisas y realistas del terreno, mejorando la calidad de los análisis de perfiles y volúmenes. Aunque la precisión de ambos métodos es comparable, las limitaciones de la estación total en áreas con pendientes pronunciadas o vegetación densa la hacen menos adecuada para este tipo de contextos.

En términos de tiempo de ejecución, la fotogrametría aérea sobresale al reducir significativamente el tiempo en campo, optimizando los recursos humanos y minimizando los riesgos para el personal. No obstante, el tiempo adicional requerido para el procesamiento de datos en gabinete y los costos iniciales más elevados representan desafíos que deben considerarse, especialmente en proyectos con recursos limitados. A pesar de ello, su eficiencia general la posiciona como la opción más rentable en proyectos de mayor escala.

El análisis de costos reveló que, aunque la estación total es una alternativa más económica en términos de inversión inicial, la fotogrametría aérea ofrece beneficios económicos a largo plazo al reducir los tiempos de trabajo y aumentar la productividad. Este equilibrio entre costo y eficiencia refuerza la idea de que la elección del método debe basarse en las características específicas de cada proyecto, incluyendo la extensión del área, la complejidad del terreno y los recursos disponibles.

En conclusión, la fotogrametría aérea con RPAS representa una alternativa tecnológica avanzada que responde a las demandas actuales de la industria minera, proporcionando levantamientos topográficos rápidos, precisos y seguros. Sin embargo, su implementación debe ir acompañada de la capacitación adecuada y el acceso a herramientas de procesamiento avanzadas para maximizar sus beneficios.

Se recomienda la combinación de ambos métodos en proyectos donde se requieran mediciones específicas de alta precisión, complementadas con modelos topográficos detallados generados por RPAS. Esta estrategia híbrida permite aprovechar las fortalezas de cada técnica, garantizando resultados óptimos en términos de precisión, tiempo y costo. Finalmente, se sugiere que futuras investigaciones exploren la integración de la fotogrametría aérea con tecnologías emergentes, como el escaneo láser terrestre, para continuar optimizando las prácticas topográficas en la industria minera y en otros sectores relacionados.

Contribución de autores: Conceptualización, V.O. y D.Q.; Metodología, V.O., D.Q. y GP; Software, VO.; Validación, V.O., D.Q. y G.P.; análisis formal, V.O., D.Q. y G.P.; Investigación, V.O.; recursos, V.O.; Curaduría de datos, V.O. y D.Q.; redacción-revisión y edición, D.Q y GP.; visualización, G.P.; supervisión, V.O.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. Vázquez, D. Evaluación de la exactitud del geoposicionamiento a partir de receptores GNSS y NTRIP en el CADET. Universidad Central del Ecuador. 2020, 1–80.
2. Loots, M.; Clobbelaar, S.; Lingen, E. A review of remote-sensing unmanned aerial vehicles in the mining industry. *J. S. Afr. Inst. Min. Metall.* 2022, 122, 387–396.
3. Vázquez, R. Tutorial – Planear vuelo fotogramétrico con DroneDeploy y Google Earth (Principiantes). GeoAsset Blog. 2018. Available online: <https://geoasset.blog/2018/10/08/tutorial-dronedeploy/> (accessed on 15 June 2022).
4. FOIF. A90 Intelligent GNSS Receiver. 2022.
5. Santamaría, P. DJI Mavic 2 Pro, análisis: un nuevo nivel en calidad de video y foto con dron. Xacata. 2018.
6. Matías, R. Aplicación de un dron para mejorar los procesos productivos en Minería Chinalco Perú S.A., Morocha 2020. Universidad Continental, Huancayo, 2020.
7. Calle, M.D.Q. Evaluación de confiabilidad entre estación total, aerofotogrametría con RPAS y GPS diferencial aplicado a proyectos de minería. Universidad Católica de Cuenca, Azogues, 2022.
8. Claros, R.; Guevara, A.; Pacas, N. Aplicación de fotogrametría aérea en levantamientos topográficos mediante el uso de vehículos aéreos no tripulados. Universidad de El Salvador, 2016.
9. Tajadura, R. Uso de Drones en la inspección para la rehabilitación del Patrimonio, Iglesia La Merced. Universidad de Burgos. 2017.
10. Florentino, R. Aplicación de Fotogrametría con RPAS para mejorar la efectividad de cuantificación de la explotación de la Cantera Santa Genoveva. Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Perú. 20217.
11. Mamani, H. Levantamiento topográfico tradicional y aerofotogrametría desde vehículos aéreos no tripulados (VANT-DRONES): comparación de coordenadas horizontales y verticales. *Rev. Tecnológica* 2018, 19, 7–19.
12. Sánchez, I. Determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con dron en la Plaza San Luis. Universidad César Vallejo, Perú, 2017; pp. 1–78.
13. Río, O.; Gómez, F.; López, N.; Saenz, J.; Espinoza, A. Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de drones. *Rev. Arquít. Ing.* 2020, 4, 13.
14. Roblero, R.; Flores, J.; Jesús, C.; Reyes, A. Evaluación de la confiabilidad de tres métodos topográficos para generar modelos digitales de elevación (MDE). *Ing. Agríc. Biosistemas* 2020, 12, 159–171.
15. Beretta, F.; Shibata, H.; Córdova, R.; Peroni, R.; Azambuja, J.; Leite, F. Topographic modelling using UAVs compared with traditional survey methods in mining. *Mining Mineracao* 2018, 71, 463–470.
16. Carrera, J.; Levresse, G.; Lacan, P. Is UAV-SfM surveying ready to replace traditional surveying techniques? *Int. J. Remote Sens.* 2020, 2, 2–30.
17. Trimble Inc. Estación Total Trimble M3. 2016.
18. Ismaga. Autocad CIVL 3D – Soluciones BIM para proyectos de ingeniería civil. 2021. (Acceso: 6 enero 2022).
19. Cortés, E. Levantamientos Topográficos mediante uso de Drones. *Ingeniería, Ciencia Tecnología e Innovación.* 2021. 8,2. 111–124.
20. Guardo, N.; López, L.; y Bilmes, A. Relevamiento topográfico de alta resolución: comparación de modelos del terreno mediante estación total y fotogrametría SfM-MVS. Aplicación en una cantera de suelos seleccionados. Buenos Aires. *Revista de Asociación Geológica Argentina.* 2021. 78,4. 539–549.
21. Jiménez, N.; Magaña, A.; Soriano, E. Análisis comparativo entre levantamientos topográficos con estación total como método directo y el uso de drones y GPS como métodos indirectos. Universidad de El Salvador, 2019; pp. 1–168.



© 2024 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 economía y su relación con el ambiente: Dos caras de la misma moneda.

Stalin Ramírez Rivadeneira¹  Jorge Guillermo Barrionuevo Guerron¹ 

¹ Universidad Católica de Cuenca, Azogues EC 030102Ecuador.

✉ Correspondencia: ggramirez@institutos.go.b.ec  + 593 0995099372

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj73193>

Resumen: El análisis de la relación entre la economía y el medio ambiente aborda una problemática crucial: cómo el desarrollo económico, basado en la explotación de recursos naturales, ha generado impactos significativos sobre los ecosistemas, poniendo en riesgo su sostenibilidad a largo plazo. El estudio utiliza una revisión bibliográfica basada en fuentes secundarias, como artículos científicos, informes técnicos y publicaciones internacionales, seleccionados por su rigor académico y actualidad. Se espera evidenciar cómo las dinámicas económicas han contribuido al deterioro ambiental, destacando la relación entre el crecimiento económico y problemas como el cambio climático, la contaminación y la pérdida de biodiversidad. Se espera evidenciar cómo las dinámicas económicas han contribuido al deterioro ambiental, destacando la relación entre el crecimiento económico y problemas como el cambio climático, la contaminación y la pérdida de biodiversidad.

Palabras claves: Economía, medio ambiente, sostenibilidad, economía circular.

Analysis of the economy and its relationship with the environment: Two sides of the same coin.

Abstract: The analysis of the relationship between the economy and the environment addresses a crucial issue: how economic development, based on the exploitation of natural resources, has generated significant impacts on ecosystems, putting their long-term sustainability at risk. The study uses a literature review based on secondary sources, such as scientific articles, technical reports and international publications, selected for their academic rigour and topicality. It is expected to show how economic dynamics have contributed to environmental deterioration, highlighting the relationship between economic growth and problems such as climate change, pollution and biodiversity loss. The aim is to show how economic dynamics have contributed to environmental deterioration, highlighting the relationship between economic growth and problems such as climate change, pollution and biodiversity loss.



Check for
updates

Cita: Ramírez Rivadeneira, S., & Barrionuevo Guerron, J. G. (2024). Análisis de la economía y su relación con el ambiente: Dos caras de la misma moneda. Green World Journal, 7(3), 193.
<https://doi.org/10.53313/gwj73193>

Received: 30/October/2024

Accepted: 23/December/2024

Published: 25/December/2024

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.



© 2024 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>

Keywords: Economy, environment, sustainability, circular economy.

1. Introducción.

La economía, como campo de estudio y práctica, ha sido un motor fundamental para el desarrollo humano a lo largo de la historia. Desde sus primeras manifestaciones en las economías de trueque hasta los complejos sistemas financieros globales actuales, la economía ha evolucionado para adaptarse a las necesidades de las sociedades y a los recursos disponibles. Sin embargo, este progreso no ha estado exento de consecuencias. La revisión de las condiciones contemporáneas de la economía exige un análisis que tenga en cuenta sus raíces históricas y la manera en que estas han moldeado las estructuras económicas actuales. Este enfoque permite comprender cómo las decisiones del pasado continúan influyendo en las dinámicas actuales y cómo estas podrían determinar el rumbo futuro [1].

Desde una perspectiva histórica, las economías tradicionales estaban estrechamente vinculadas al uso directo de los recursos naturales. Las primeras civilizaciones dependían de la agricultura, la pesca y la minería, lo que estableció una relación simbólica entre el ser humano y el medio ambiente. Con la llegada de la Revolución Industrial, esta dinámica cambió radicalmente. La explotación de combustibles fósiles, la industrialización masiva y la urbanización transformaron las economías locales en sistemas globales, dejando tras de sí un rastro de impactos ambientales sin precedentes. Estos cambios marcaron el inicio de una era en la que el crecimiento económico se priorizó sobre la sostenibilidad ambiental, con repercusiones que persisten hasta el día de hoy [2].

La relación entre la economía y el medio ambiente es compleja y multifacética. Históricamente, la explotación de recursos naturales ha sido esencial para impulsar el crecimiento económico, pero este modelo ha demostrado ser insostenible en el largo plazo. Los impactos ambientales derivados de actividades como la deforestación, la contaminación industrial y la emisión de gases de efecto invernadero han llevado a un deterioro significativo de los ecosistemas y a una crisis climática global. Además, la inequidad en el acceso y distribución de recursos agrava las disparidades sociales y económicas, lo que pone de manifiesto la necesidad de reconsiderar cómo se estructura la economía y cómo esta interactúa con el medio ambiente [3].

Uno de los retos más apremiantes es abordar los impactos generados por las economías poco sostenibles. Estas se caracterizan por su dependencia de recursos no renovables, la generación de residuos a gran escala y la falta de estrategias efectivas para mitigar los daños ambientales. En este contexto, es fundamental identificar alternativas viables que permitan reducir estos impactos y transitar hacia modelos económicos más sostenibles. Estas alternativas incluyen la adopción de economías circulares, la promoción de energías renovables, la implementación de políticas públicas ambientales y la educación para la sostenibilidad. Estas estrategias no solo buscan minimizar los daños al medio ambiente, sino también fomentar una economía que sea inclusiva, equitativa y resiliente[3].

En las últimas décadas, el concepto de sostenibilidad ha ganado prominencia en los debates económicos y ambientales. La sostenibilidad económica implica encontrar un equilibrio entre el crecimiento y la preservación de los recursos para las generaciones futuras. Esto requiere una comprensión profunda de los factores históricos que han conducido a las crisis ambientales actuales y de las oportunidades para rediseñar los sistemas económicos. Por ejemplo, los principios de la economía circular enfatizan la reutilización de materiales y la reducción de residuos, lo que contrasta con el modelo lineal tradicional de “tomar, hacer y desechar”. La implementación de estos principios representa una oportunidad para transformar las economías contemporáneas y hacerlas más sostenibles [4].

La transición hacia una economía sostenible también depende de la participación activa de los diversos actores sociales, incluyendo gobiernos, empresas y ciudadanos. Los gobiernos desempeñan un papel crucial en la creación de marcos regulatorios que incentiven prácticas sostenibles. Por su parte, las empresas tienen la responsabilidad de adoptar modelos de producción y consumo más responsables, mientras que los ciudadanos pueden contribuir a través de elecciones de consumo más conscientes. Este esfuerzo colectivo es esencial para abordar los desafíos ambientales y garantizar un futuro más sostenible [5].

2. Materiales y métodos

La metodología de este estudio se basa en una revisión bibliográfica que analiza información obtenida de fuentes secundarias confiables como libros, artículos científicos, informes técnicos y publicaciones de organismos internacionales. Para abordar el primer objetivo, se recopiló literatura que detalla la evolución histórica de los sistemas económicos, permitiendo evaluar las condiciones contemporáneas desde una perspectiva histórica [6]. En relación al segundo objetivo, se analizaron estudios que exploran la interacción entre la economía y el medio ambiente, enfocándose en los impactos generados por las actividades económicas. Para el tercer objetivo, se revisaron propuestas y casos documentados que presentan alternativas sostenibles para mitigar los efectos negativos de una economía poco sostenible. La selección de fuentes se realizó bajo criterios de relevancia, actualidad y rigor académico, priorizando investigaciones publicadas en los últimos 10 años. Los datos fueron organizados y sintetizados mediante un análisis crítico, identificando tendencias, vacíos en la literatura y conexiones entre los temas analizados [7].

3. Resultados

3.1. Evolución y Desafíos de la Economía

La economía contemporánea es el resultado de un proceso histórico complejo, donde las transformaciones sociales, políticas y tecnológicas han moldeado los sistemas económicos que conocemos hoy. Desde los primeros intercambios basados en el trueque hasta la globalización impulsada por el capitalismo, cada etapa histórica ha dejado una impronta significativa en la forma en que las sociedades producen, distribuyen y consumen bienes y servicios [8].

En la economía primitiva, los sistemas de subsistencia estaban centrados en la satisfacción de necesidades básicas a través de actividades como la caza, la pesca y la agricultura. Estas economías estaban marcadas por su dependencia directa de los recursos naturales y la comunidad, con un enfoque local y autosuficiente. Sin embargo, con el surgimiento de la agricultura como actividad predominante y la especialización del trabajo, las primeras civilizaciones comenzaron a establecer sistemas económicos más complejos basados en el comercio, facilitando el intercambio de bienes entre comunidades [9].

El avance hacia las economías mercantiles marcó un hito en la historia económica. Durante la Edad Media, el comercio internacional, impulsado por las rutas marítimas y terrestres, permitió el intercambio de bienes y conocimientos entre continentes. Ciudades como Venecia y Constantinopla se convirtieron en centros neurálgicos de comercio, mientras que los sistemas de crédito y banca comenzaron a consolidarse como mecanismos para facilitar las transacciones comerciales. Este período sentó las bases para el desarrollo del capitalismo, cuyo auge se produciría durante la Revolución Industrial [9].

La Revolución Industrial en el siglo XVIII representó una transformación radical en los sistemas económicos. La introducción de tecnologías como la máquina de vapor y la mecanización de la producción generaron un aumento significativo en la productividad. Este cambio trajo consigo la migración masiva de las poblaciones rurales hacia las ciudades, dando lugar al crecimiento de los centros urbanos y el desarrollo del sistema fabril. Sin embargo, este progreso económico tuvo un alto costo social y ambiental. La explotación laboral, la desigualdad económica y los primeros signos de deterioro ambiental comenzaron a hacerse evidentes en este período [10].

En el siglo XX, la economía mundial experimentó profundas transformaciones, caracterizadas por la consolidación del capitalismo como sistema dominante. El surgimiento de las grandes corporaciones, la expansión del comercio internacional y la dependencia de los combustibles fósiles marcaron esta era. La economía de mercado se convirtió en el modelo predominante en gran parte del mundo, con énfasis en la libre competencia, la acumulación de capital y la búsqueda de beneficios. Sin embargo, este también modelo generó desigualdades significativas entre países desarrollados y en desarrollo, exacerbando las brechas económicas y sociales [11].

El siglo XXI ha traído consigo nuevos desafíos y oportunidades para la economía global. La globalización ha intensificado la interconexión económica entre naciones, facilitando el intercambio de bienes, servicios y capitales. Sin embargo, también ha expuesto las vulnerabilidades de los sistemas económicos, como se evidenció durante la crisis financiera de 2008 y más recientemente con la pandemia de COVID-19. Estas crisis han puesto de manifiesto la necesidad de construir economías más resilientes y sostenibles, capaces de adaptarse a las cambiantes dinámicas globales [11].

Uno de los desafíos más significativos de la economía contemporánea es su relación con el medio ambiente. A medida que las economías han crecido, también lo han hecho las demandas sobre los recursos naturales y los impactos negativos en el entorno. El modelo económico actual, basado en gran medida en el consumo masivo y la explotación de recursos, ha llevado a problemas como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la degradación de los ecosistemas. Estos impactos no solo afectan al medio ambiente, sino que también plantean riesgos para la estabilidad económica y social [12].

En respuesta a estos desafíos, han surgido propuestas para transitar hacia modelos económicos más sostenibles. La economía circular, por ejemplo, busca minimizar los residuos y maximizar el uso eficiente de los recursos, promoviendo la reutilización, el reciclaje y la recuperación de materiales. Por otro lado, el concepto de desarrollo sostenible, popularizado por la Comisión Brundtland en 1987, aboga por un equilibrio entre el crecimiento económico, la inclusión social y la protección ambiental [13].

Además, la revolución tecnológica está transformando las dinámicas económicas contemporáneas. Innovaciones como la inteligencia artificial, la automatización y las tecnologías verdes ofrecen oportunidades para mejorar la eficiencia económica y reducir los impactos ambientales. Sin embargo, también plantean preguntas sobre el futuro del empleo, la equidad en el acceso a la tecnología y los posibles efectos colaterales en la sociedad [14].

3.2. Interacciones entre Economía y Medio Ambiente: Impactos y Desafíos Globales

La economía y el medio ambiente están intrínsecamente interconectados, ya que las actividades económicas dependen de los recursos naturales para su funcionamiento y, a su vez, generan

impactos significativos sobre el entorno. Este vínculo ha sido evidente a lo largo de la historia, pero se ha intensificado en las últimas décadas debido al crecimiento poblacional, la industrialización y la globalización. La relación entre la economía y el medio ambiente plantea un equilibrio complejo entre la explotación de recursos para el desarrollo económico y la necesidad de preservar los ecosistemas para garantizar la sostenibilidad a largo plazo [15].

Uno de los principales impactos de las actividades económicas en el medio ambiente es la extracción y uso intensivo de recursos naturales. La tala de bosques, la minería, la extracción de combustibles fósiles y la agricultura intensiva son ejemplos de prácticas que han permitido el desarrollo de sectores económicos clave, pero que también han provocado deforestación, pérdida de biodiversidad y agotamiento de recursos no renovables. La explotación desmedida de estos recursos plantea un riesgo no solo para el medio ambiente, sino también para la continuidad de las actividades económicas que dependen de ellos [16].

Además de la extracción de recursos, la economía genera un impacto significativo a través de la emisión de contaminantes. El uso de combustibles fósiles en los sectores industrial, energético y de transporte es una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero, responsables del cambio climático. Este fenómeno tiene consecuencias devastadoras, como el aumento de temperaturas, el derretimiento de glaciares, el incremento del nivel del mar y la intensificación de eventos climáticos extremos. A nivel local, las emisiones industriales y urbanas también contribuyen a la contaminación del aire, el agua y el suelo, afectando tanto a los ecosistemas como a la salud humana [17].

La economía también influye en el medio ambiente a través de la generación de residuos. El modelo económico lineal, basado en producir, consumir y desechar, ha llevado a una acumulación masiva de desechos sólidos, incluidos plásticos y otros materiales no biodegradables. Este problema se agrava por la falta de infraestructuras adecuadas para el tratamiento y reciclaje de residuos en muchas regiones, lo que resulta en contaminación y deterioro ambiental.

Sin embargo, la relación entre la economía y el medio ambiente no es únicamente negativa. En los últimos años, ha crecido la conciencia sobre la necesidad de adoptar modelos económicos más sostenibles que reduzcan los impactos ambientales. La transición hacia una economía circular, que promueve la reutilización, el reciclaje y la minimización de residuos, es una de las estrategias más destacadas. Asimismo, el avance de las tecnologías limpias, como las energías renovables, representa una oportunidad para reducir las emisiones y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles [18].

A pesar de estas iniciativas, los desafíos son numerosos. Es necesario lograr una transformación estructural en los modelos de producción y consumo, así como en las políticas económicas y ambientales a nivel global. Esto requiere la colaboración entre gobiernos, empresas y la sociedad civil para desarrollar soluciones innovadoras que permitan un crecimiento económico equilibrado con la conservación del medio ambiente [19].

En conclusión, la relación entre economía y medio ambiente es compleja y multifacética. Aunque el desarrollo económico ha generado impactos negativos significativos, también ofrece oportunidades para transitar hacia un modelo más sostenible. Reconocer y abordar estos desafíos es esencial para garantizar la preservación de los recursos naturales y el bienestar de las generaciones futuras.

3.3. Estrategias para Reducir los Impactos de una Economía Insostenible

La economía contemporánea, basada en modelos de producción y consumo intensivos, ha generado impactos ambientales significativos, como el agotamiento de recursos naturales, la contaminación y el cambio climático. Para reducir estos efectos negativos, es necesario adoptar alternativas que permitan transitar hacia un modelo económico más sostenible. Estas estrategias no solo deben abordar los problemas actuales, sino también garantizar un equilibrio entre el desarrollo económico, la inclusión social y la protección del medio ambiente a largo plazo [20].

Una de las principales alternativas es la transición hacia una economía circular, que busca romper con el modelo lineal tradicional de "producir, consumir y desechar". La economía circular promueve la reutilización, el reciclaje y la recuperación de materiales, minimizando así la generación de residuos. Por ejemplo, empresas de diversos sectores están adoptando prácticas como el diseño de productos duraderos, la incorporación de materiales reciclados en la producción y el establecimiento de sistemas de retorno y reutilización de productos al final de su vida útil. Estas acciones no solo reducen la presión sobre los recursos naturales, sino que también pueden generar nuevos modelos de negocio y empleo [21].

El fomento de las energías renovables es otra estrategia clave para reducir los impactos de una economía insostenible. Fuentes de energía como la solar, eólica, hidráulica y geotérmica representan alternativas limpias y sostenibles a los combustibles fósiles, que son responsables de una gran parte de las emisiones de gases de efecto invernadero. La inversión en tecnologías renovables no solo contribuye a mitigar el cambio climático, sino que también reduce la dependencia de recursos no renovables, mejora la seguridad energética y puede generar beneficios económicos al crear empleos verdes en sectores emergentes [22].

La implementación de políticas públicas sostenibles también juega un papel fundamental en la reducción de los impactos económicos negativos. Los gobiernos tienen la capacidad de establecer normativas y regulaciones que promuevan prácticas responsables en sectores clave como la agricultura, la industria y el transporte. Por ejemplo, los impuestos al carbono, los incentivos fiscales para empresas sostenibles y las normativas sobre eficiencia energética son herramientas efectivas para incentivar cambios positivos. Además, las políticas públicas pueden fomentar la educación y la concienciación ciudadana sobre la importancia de un consumo responsable [23].

El avance de la tecnología y la innovación ofrece soluciones prometedoras para abordar los desafíos de la sostenibilidad. Tecnologías como la inteligencia artificial, el big data y el Internet de las cosas están siendo utilizadas para optimizar procesos, reducir el desperdicio de recursos y mejorar la eficiencia energética. Además, la investigación y el desarrollo en campos como los materiales biodegradables, los sistemas de almacenamiento de energía y la agricultura regenerativa están generando soluciones que podrían transformar sectores enteros de la economía [23].

A nivel individual, el consumo responsable es una de las más directas para reducir los impactos de una economía insostenible. Los consumidores tienen el poder de influir en las prácticas empresariales mediante la elección de productos y servicios sostenibles, el apoyo a empresas con valores responsables y la reducción del desperdicio en sus hogares. Pequeños cambios, como la disminución del uso de plásticos desechables, la compra de alimentos locales y la adopción de prácticas de ahorro energético, pueden tener un impacto significativo cuando se realizan a gran escala [24].

En conclusión, la reducción de los impactos de una economía poco sostenible requiere un enfoque multidimensional que integre soluciones a nivel individual, empresarial y gubernamental. La economía circular, las energías renovables, las políticas públicas sostenibles, la innovación tecnológica y el consumo responsable son pilares esenciales para avanzar hacia un modelo económico que sea ambientalmente consciente, económicamente viable y socialmente inclusivo. La adopción de estas alternativas no solo mitigará los daños actuales, sino que también garantizará un futuro más equilibrado y resiliente para las generaciones venideras.

4. Discusión

La interrelación entre la economía y el medio ambiente plantea un desafío global que requiere un análisis profundo y una acción concertada. A lo largo del texto, se han explorado las condiciones contemporáneas de la economía desde una perspectiva histórica, los impactos ambientales generados por las actividades económicas y las alternativas para reducir estos efectos. Estas tres dimensiones son esenciales para entender el estado actual y las posibles soluciones hacia un modelo más sostenible [22].

La economía histórica proporciona un marco de referencia clave para comprender cómo se han configurado los modelos de desarrollo actuales. Durante la Revolución Industrial, por ejemplo, se desarrolló una dependencia intensa de los combustibles fósiles, que aún domina muchos sectores económicos. Este enfoque, aunque crucial para el avance tecnológico y social, ha generado consecuencias ambientales que persisten hasta hoy. La discusión de estos antecedentes permite cuestionar la viabilidad de seguir dependiendo de sistemas económicos que priorizan el crecimiento a corto plazo sobre la sostenibilidad a largo plazo [17].

En cuanto a la relación directa entre la economía y el medio ambiente, los impactos negativos son evidentes y amplios: desde el cambio climático hasta la pérdida de biodiversidad. La expansión industrial, el modelo agrícola intensivo y la urbanización han sido catalizadores de degradación ambiental. Sin embargo, esta misma relación ofrece una oportunidad para implementar cambios transformadores. Es evidente que las actividades económicas deben evolucionar hacia prácticas más limpias y responsables, y esto requiere voluntad política, innovación y cooperación internacional [25].

Las alternativas planteadas, como la economía circular y el uso de energías renovables, destacan por su potencial para mitigar los impactos de una economía insostenible. Sin embargo, su implementación presenta retos significativos, como la resistencia al cambio, la falta de inversión y las desigualdades globales. Aunque algunas regiones han avanzado en estas áreas, muchas otras carecen de los recursos y la infraestructura necesaria para adoptar estas estrategias. Esto subraya la importancia de los mecanismos de financiación global y cooperación internacional para garantizar que la transición hacia la sostenibilidad sea inclusiva [26].

Además, el papel del consumidor merece especial atención en esta discusión. Si bien las políticas públicas y las estrategias empresariales son fundamentales, el comportamiento individual puede tener un impacto acumulativo significativo. La educación y la concienciación son esenciales para fomentar hábitos de consumo responsables que impulsen la demanda de productos y servicios sostenibles [27].

En resumen, la economía y el medio ambiente se encuentran en un punto crítico que exige soluciones integrales y colaborativas. Aunque los desafíos son numerosos, también existen oportunidades tangibles para construir un modelo económico que priorice la sostenibilidad. La discusión de estos temas subraya que el cambio requiere un esfuerzo conjunto de todos los sectores de la sociedad, con un enfoque en la innovación, la equidad y la preservación de los recursos para las futuras generaciones.

5. Conclusión

La relación entre la economía y el medio ambiente es compleja y multifacética, marcada por la dependencia de recursos naturales para el desarrollo económico y los impactos negativos que resultan de su explotación. A través del análisis de las condiciones contemporáneas de la economía en un contexto histórico, se evidencia cómo los modelos tradicionales de producción y consumo han llevado al agotamiento de recursos, la contaminación y el cambio climático. Estos desafíos subrayan la necesidad de una transición hacia un modelo económico más sostenible.

El vínculo directo entre las actividades económicas y el medio ambiente resalta la importancia de mitigar los impactos generados. Desde la deforestación y las emisiones de gases de efecto invernadero hasta la acumulación de residuos, los efectos negativos de una economía insostenible son cada vez más visibles y requieren soluciones inmediatas. Sin embargo, también existen oportunidades significativas para reducir estos impactos mediante estrategias innovadoras y sostenibles.

Alternativas como la economía circular, el uso de energías renovables, el impulso de políticas públicas sostenibles y el fomento de la innovación tecnológica ofrecen un camino hacia un equilibrio entre desarrollo económico y protección ambiental. Además, el papel de los consumidores es crucial para impulsar un cambio hacia un consumo más responsable y consciente.

En este sentido, avanzar hacia una economía sostenible requiere un esfuerzo conjunto de gobiernos, empresas y ciudadanos. La adopción de modelos más responsables no solo mitigará los impactos ambientales, sino que también contribuirá al bienestar social y económico de las generaciones presentes y futuras. Al integrar estas estrategias en los procesos económicos, es posible construir un modelo más resiliente, inclusivo y en armonía con el medio ambiente.

Contribución de autores: Los autores contribuyeron de forma igualitaria al desarrollo de esta investigación.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

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

Referencias

1. Odriozola Guitart, S.; Triana Cordoví, J. Estrategia de Desarrollo y Crecimiento Económico En Cuba: Dos Caras de Una Misma Moneda. *Econ. Desarro.* **2015**, *153*, 14–29.
2. Mora, A.; Piccolo, P.; Peinado, G.; Ganem, J. La Deuda Externa y La Deuda Ecológica, Dos Caras de La Misma Moneda. El Intercambio Ecológicamente Desigual Entre Argentina y El Resto Del Mundo. *e-ISSN 2525-1538-Cuadernos Econ. Crítica* **2020**, *7*, 39–64.
3. Fernández, F.V. MORÁN BLANCO, S. Seguridad Energética y Medio Ambiente: Dos Caras de Una Misma Moneda. Especial Referencia a La Unión Europea. Ed. Thomson Reuters,

- 2015.(270 Pp.). *Rev. Electrónica Iberoam. ISSN* **2015**, 1988, 618.
4. de Hevia, A.E. Globalización–Mundialización:¿ Dos Caras de La Misma Moneda? *Polisemia* **2005**, 1, 15–44.
5. Rodríguez Borda, C.A. La Estrategia Nacional Contra La Violencia y La Política de Defensa y Seguridad Democrática: Dos Caras de Una Misma Moneda. Un Análisis de Política Pública. **2003**.
6. Carmona, E.E. Revisión Bibliográfica. *Gac. Médica Espirituana* **2009**, 11, 2.
7. Gálvez Toro, A. Revisión Bibliográfica: Usos y Utilidades. *Matronas prof* **2002**, 25–31.
8. Blanco Encinosa, L.J. Informatización y Dirección de Empresas En Cuba: Evolución y Desafíos. *Cofin Habana* **2017**, 11, 1–13.
9. Ffrench–Davis, R.; Díaz Pérez, A. La Inversión Productiva En El Desarrollo Económico de Chile: Evolución y Desafíos. **2019**.
10. Méndiz–Noguero, A. Orígenes, Evolución y Desafíos Actuales de La Docencia Publicitaria En España. *Commun. Soc.* **2000**, 13, 181–225.
11. Guivernau, A. Evolución y Desafíos Del Sector Turístico En Latinoamérica. **2024**.
12. Vélez–Crespo, S.G.; Reyes–Idrovo, M.G. La Protección de Los Derechos de Los Consumidores En El Derecho Civil Ecuatoriano: Un Análisis de Su Evolución y Desafíos Actuales. *MQRInvestigar* **2023**, 7, 849–862.
13. Wilmsmeier, G. Geografía Del Transporte de Carga: Evolución y Desafíos En Un Contexto Global Cambiante. **2015**.
14. Zarama–Rojas, D.; Vera–Jaramillo, J. El Papel de La Revista Desarrollo y Sociedad (1979–2018): Evolución y Desafíos Presentes. *Desarro. Soc.* **2019**, 13–40.
15. Arturo, C.D.L.; Carlos, S.C.; Natalia, M.M.; Ezequiel, V.S.F. El Reconocimiento Contable Del Costo Ambiental Como Herramienta Para Lograr El Desarrollo Sostenible. *La Contab. ante los desafíos Glob.* **2020**, 12.
16. Sáenz, N.F.M. La Sostenibilidad Como Respuesta Presente y Futura a Los Desafíos Globales. *Rev. Inst. UPB* **2018**, 57, 37–54.
17. Cortés Landázury, R. A PROPÓSITO DE LA RELACIÓN ECONOMÍA Y MEDIO AMBIENTE: UNBALANCE CRÍTICO SOBRE LAS CONVENCIONES Y TENSIONES EPISTÉMICAS DE LA DISCIPLINA. *Cuad. Econ.* **2007**, 26, 223–246.
18. Parra, E.A.; Carvajal Serna, L.F. Modelamiento y Manejo de Las Interacciones Entre La Hidrología, La Ecología y La Economía En Una Cuenca Hidrográfica Para La Estimación de Caudales Ambientales. *Esc. Geociencias y Medio Ambient.* **2012**.
19. González, M.; León, C.J. *Objetivos y Políticas Del Desarrollo Turístico Sostenible: Una Metodología Para El Estudio de La Interacción Turismo–Medio Ambiente*; Unidad de Investigaciones Económicas, Departamento de Economía, Universidad ..., 1996;
20. Romero–Perdomo, F.; Carvajalino–Umaña, J.D.; Ardila, N.; González–Curbelo, M.Á. Contribución de La Economía Circular a Los Objetivos de Desarrollo Sostenible de La Agenda 2030. *Cienc. Transdiscipl. en la Nueva Era* **2022**, 463.
21. Guerrero Doza, L.C. Apropiación de La Economía Circular: Una Reflexión Comparativa Entre Colombia y Perú. **2020**.
22. Hodson de Jaramillo, E. Bioeconomía: El Futuro Sostenible. *Rev. la Acad. Colomb. Ciencias Exactas, Físicas y Nat.* **2018**, 42, 188–201.
23. Cartea, P.Á.M. Crisis Ambiental y Globalización: Una Lectura Para Educadores Ambientales En Un Mundo Insostenible. *Educ. medio Ambient. y sustentabilidad* **2008**, 53.
24. Baños, M.R.; Anaya, A.L.G. Prevención de La Generación de Residuos En El Marco de Una Economía Ecológica y Solidaria: Un Análisis Del Manejo de Residuos En Los Municipios de México. *Soc. y Ambient.* **2019**, 7–31.

25. Janer Quiñones, J. Asimetrías Graduales Del Comercio Internacional: De Lo Natural a Lo Insostenible. **2020**.
26. Balboa, C.H.; Somonte, M.D. Economía Circular Como Marco Para El Ecodiseño: El Modelo ECO-3. *Inf. técnico* **2014**, *78*, 82–90.
27. Rojas Rodríguez, I.S.; Salazar Solano, V. La Acuicultura Frente a Los Impactos de La Actividad Agrícola En La Calidad de Los Servicios Ambientales de La Cuenca Del Río Mayo. Una Propuesta Para Su Abordaje Desde La Economía Ecológica. *Estud. Soc. (Hermosillo, Son.)* **2018**, *28*, 0.



© 2024 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/>