

Arquitectura del futuro en Ecuador: Desafíos bioclimáticos urgentes

Fabrizio Gómez-Ortega ¹  

¹ Universidad Laica Vicente Rocafuerte, Guayaquil EC090514 Ecuador

 Correspondencia: : fgomezo@ulvr.edu.ec  + 593 99 681 5719

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj51001>

Resumen: El planeta tierra ha tenido cambios climáticos por diferentes variables que intervienen de forma directa o indirecta. Las estadísticas de temperatura promedio mundial llevadas a cabo por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) muestran el informe una escala con tendencia ascendente en las últimas décadas, esto a efecto del aumento de la población mundial lo que demanda mayores recursos entre ellas las construcciones de obras civiles. En Ecuador existe varias zonas climáticas en donde no todas las edificaciones han considerado diseños bioclimáticos (sol, viento, vegetación, tierra y temperatura ambiental) ya sean por desconocimientos de profesionales de la construcción (arquitectos, ingenieros y diseñadores). Se realizó análisis climáticos con datos EnergyPlus Weather (EPW) de Guayaquil, Quito, Puyo y San Cristóbal e interpretados en software online educativo de Andrew Marsh, para identificar las diferentes estrategias según los datos climáticos analizados, esto acompañado mediante revisión bibliográfica para determinar lineamientos a seguir en nuevos proyectos amigables con el medio ambiente, esto colaboraría a la mitigación del calentamiento global por efectos antropogénicos con la intervención en la fase de diseño de la arquitectura del futuro.

Palabras claves: Sistemas pasivos, cambio climático, sostenibilidad, confort térmico y arquitectura bioclimática

Architecture of the Future in Ecuador: Urgent Bioclimatic Challenges

Abstract: Planet Earth has undergone climatic changes due to different variables that intervene directly or indirectly. The global average temperature statistics carried out by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) show the report a scale with an upward trend in recent decades, this to the effect of the increase in world population which demands greater resources including the construction of civil works. In Ecuador there are several climatic zones where not all buildings have considered bioclimatic designs (sun, wind, vegetation, soil and ambient temperature) either by ignorance of construction professionals (architects, engineers and designers). Climate analysis was performed with EnergyPlus Weather (EPW) data from Guayaquil, Quito, Puyo and San Cristobal and interpreted in Andrew Marsh's online educational software, to identify different strategies according to the analyzed climate data, accompanied by a bibliographic review to determine guidelines to follow in new environmentally friendly projects, this would contribute to the mitigation of global warming due to anthropogenic effects.

Keywords: Passive systems, climate change, sustainability, thermal comfort and bioclimatic architecture.



Cita: Gómez-Ortega, F. (2022). Arquitectura del futuro en Ecuador: Desafíos bioclimáticos urgentes. Green World Journal, 5(1), 001.
<https://doi.org/10.53313/gwj51001>

Received: 16/November/2021

Accepted: 10/January/2022

Published: 12/January/2022

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.



© 2021 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 diversos ecosistemas que existen en el mundo se deben a un ciclo natural en el cual la temperatura es un factor determinante, actualmente el planeta tierra está experimentando un cambio en su temperatura [1–3]. La tendencia de aumento de la temperatura es a causa de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), estos gases se han encontrado en la atmósfera terrestre hace algunos siglos atrás y gracias a este fenómeno es posible la vida en el planeta, son llamados así por generar una condición similar a los que producen los invernaderos los cuales mediante al ingresan la luz solar captan el calor, en el planeta. Actualmente, los rayos que refleja la tierra no salen al espacio por que la capa de GEI que cubre al planeta la retiene allí y la absorbe, esto hace que la temperatura este aumentando [4]. Existen dos fuentes de emisiones de GEI “Antropogénicas y Biogénicas”. El aumento de emisiones de GEI en las última década son debido a las acciones del ser humano denominado antropogénicas (vehículos de combustión, procesos industriales y climatización de espacios) [5]. Biogénicas o naturales (erupciones volcánicas, incendio natural a grande escala y en cantidades pequeña la respiración o los procesos digestivos de los animales) estas siempre han existido y genera impacto negativo en menor escala [6–8].

La población de todo el mundo ha aumentado exponencialmente y esto se ve reflejado más en los países en vía en desarrollo, este incremento demanda mayores recursos [9], lo que genera mayores dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido de nitrógeno (N_2O), ozono (O_3) y clorofluorocarburos (CFC) entre otros, el aumento de estos gases antes mencionados evidencian el cambio climático en el mundo y en nuestro entorno como son: el aumento de temperatura significativamente, descongelamiento de los grandes glaciales, el aumento de precipitaciones, tornados, sequías, huracanes, incremento de nivel del mar entre otros, todo esto repercutirá en graves consecuente para todo los seres vivos del planeta tierra [4,10].

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) publicó los aumentos que se han venido generando y actualmente se encuentra en una temperatura media de $1,5^\circ\text{C}$ mundial, por lo cual se requiere cambios rápidos de mitigación, producido por las causas antropogénicas como son: energía, la industria, los edificios, el transporte y las ciudades. El informe menciona que el dióxido de carbono (CO_2) tiene que reducirse en un 45% para el 2030 con respecto a los datos del 2010, y seguir disminuyendo hasta ser 0% para el 2050. [3]. De allí de las concernientes medidas a tomar por el ser humano entre la que se trata en este estudio de aportar a la disminución de los efectos negativos de los GEI, con las construcciones amigables con el medio ambiente, dando conceptos bioclimáticos en lo que considera los diseños y construcciones de hábitat para el ser humano, en cada sector de estudio como es Guayaquil, Quito, El Puyo y San Cristóbal, las cuales poseen características climáticas distintas y generan estilo de vida diferentes, lo que busca la arquitectura bioclimática en cada sector es implantar la edificación utilizando los recursos que ofrece la naturaleza (sol, viento, vegetación, tierra y temperatura ambiental) [11].

El ser humano tiene parámetros entre rangos mínimo y máximo de tres variable de climáticas para que existe el confort térmico, en Ecuador existe Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) que son: temperatura de aire ambiente y temperatura radiante media de superficie local oscile entre 18°C y 26°C ; velocidad de aire entre 0.05 y 0.15 m/s; humedad relativa entre 40 y el 65% [12], y la Normativa Internacional ISO 7330 define que el rango de confort térmico esta aproximadamente de 20 a 25 grados centígrados. El confort se establece y visualiza en la carta psicrométrica de Givoni, aquí nos permite identificar las estrategias a desarrollar para los diferentes escenarios con los valores arrojados por temperatura, humedad absoluta y relativa.

Esta investigación tiene tres propósitos. **En primero lugar**, presentar la evolución de la temperatura promedio mundial llevadas a cargo por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio

Climático (IPCC), demostrando la principal problemática de esta investigación. **En segundo lugar**, presentar un análisis climático comprendido del año 2004 al 2018, en lugares específicos por lo que se ha seleccionado ciudades estratégicamente de las cuatro regiones: Litoral o Costa, Guayaquil; Sierra o Andes, Quito; Oriente o Amazonía, El Puyo; y Región Insular o Galápagos, San Cristóbal, los datos para el estudio se han obtenido de EnergyPlus Weather (EPW) [13]. **En tercer lugar**, se realizó una revisión bibliográfica para identificar los métodos aplicables según cada sector de estudio, con el fin de aportar a estudiantes y profesionales las estrategias de diseño y construcción que sean amigable con el entorno considerando el nivel de confort térmico, ayudando paralelamente a la mitigación del calentamiento global por causas antropogénicas.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

Ecuador, ubicado en la parte sur del continente americano, específicamente al noroeste, está compuesto por 4 Regiones y 24 Provincias. Su nombre es tomado de la línea imaginaria ecuatorial que divide al globo terrestre en hemisferio norte y hemisferio sur, cuenta con una superficie de 254'217,04 km² [14]. Limita al Norte con Colombia, Sur y Este con Perú y al Oeste con el Océano Pacífico. El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) proyecta una población de 17'510.643 millones de habitantes para el 2020 [15].

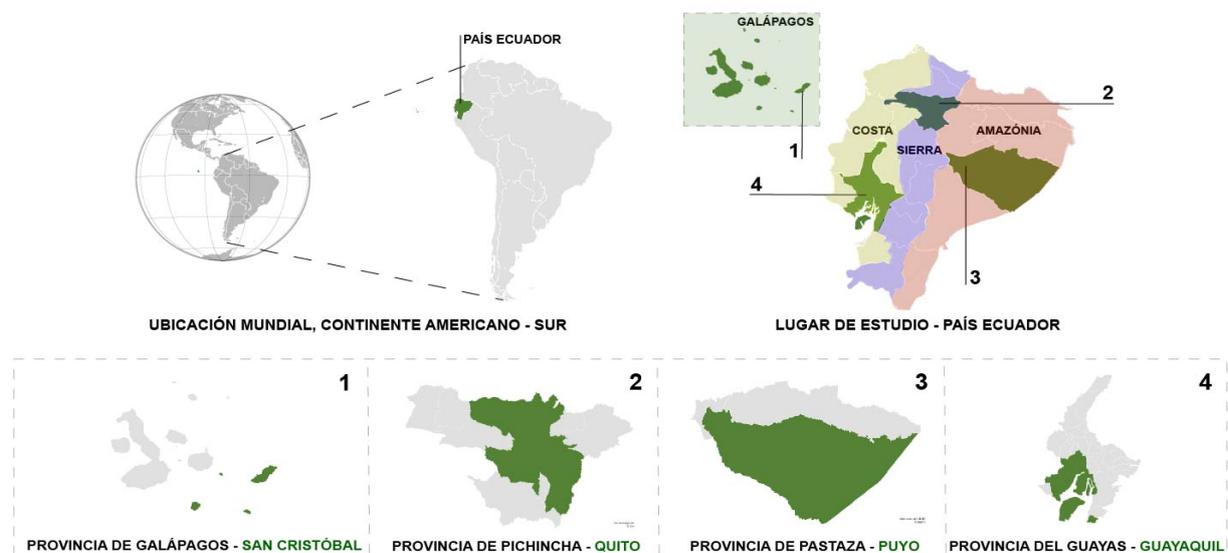


Figura 1. Mapa de ubicación del País Ecuador y sus ciudades de estudio.

Características de las regiones del Ecuador

Región Insular o Galápagos (San Cristóbal), Conjunto de 13 Islas Volcánicas, apartadas del Ecuador a 1000 km aproximadamente del Oeste del País. La temperatura varía entre 24°C y 26°C, con máximas de 36°C y mínimas de 14°C, la altura variable, entre 345 y 1.707 m.s.n.m. Esta región está conformada por una sola provincia (Galápagos), tiene una extensión total de 8.233.11 km². En 1978 fue declarada Patrimonio Natural de la Humanidad por su gran variedad de especies que habitan ahí [14,16,17].

Región Interandina o Sierra (Quito), Región ubicada en el centro la cordillera de los Andes y el cual la atraviesa de norte a sur, se caracteriza por tener variaciones durante las 24 horas, donde la temperatura media oscila entre los 10°C y 16°C con máxima de 25°C y mínimas de casi 0°C. Esto por motivo de la cordillera de los Andes y los vientos provenientes de las llanuras, la altura promedio es de 4000 msnm. No necesita que sea época de invierno para llover, esta región está conformada

por 10 provincias: Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay y Loja. Aquí se encuentra la Ciudad de Quito [14,17].

Región Oriental o Amazónica (Puyo), La temperatura varía entre 24°C y 26°C, con máximas de 36°C y mínimas de 14°C, la altura no sobrepasa los 800 msnm, se considera la región más húmeda del país con más de 3000 mm anuales, Esta región está conformada por 10 provincias: Sucumbíos, Napo, Orellana, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe [14,17].

Región Litoral o Costa (Guayaquil), Temperatura promedio anual está entre 24°C y 26°C, con máximas de 36°C y mínimas de 14°C la altura no sobrepasa los 800 msnm, llueve durante todo el año, pero los meses más lluviosos son diciembre y mediados de mayo estos son las causas por las corrientes marinas de Humboldt y El Niño, cabe señalar que la temperatura ronda los 28 °C en estas fechas. En verano llueve poco, sopla viento seco y frío del mar, y la temperatura se mantiene en unos 25 °C. La región está conformada por 7 provincias: Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Manabí, Guayas, Santa Elena, Los Ríos y El Oro [14,17].

2.2 Metodología

El proceso metodológico utilizado en el presente estudio que permitió responder los objetivos planteados se basó en: **En primer lugar**, se utilizó un diseño descriptivo con un enfoque cuantitativo, las principales técnicas y herramientas fueron revisión bibliográfica acompañada de un análisis de datos estadísticos, con lo cual se demostró la problemática de la investigación. **En segundo lugar**, se utilizó un diseño descriptivo con un enfoque cuali-cualitativo, las principales técnicas y herramientas fueron revisión bibliográfica acompañada de un análisis de datos estadísticos de las zonas climática del Ecuador, utilizando datos EnergyPlus Weather (EPW), e interpretados en software online educativo de Andrew Marsh. **En tercer lugar**, se utilizó un diseño descriptivo con un enfoque cualitativo, las principales técnicas y herramientas fueron revisión bibliográfica con base en artículos científicos y libros. Se pudo clasificar las estrategias bioclimáticas para los cuatro sectores de la presente investigación.

2.2.1 Calentamiento Global

Está vinculado a causas por fuentes de emisiones Naturales y Antropogénicas. El problema es el exceso de gases de efecto invernadero que se almacenan en la atmósfera (CO_2 , CH_4 , N_2O , O_3 , **CFC**, entre otros), desde el siglo XX la causa dominante de GEI es la humana (Antropogénica) por la sobrepoblación lo que demanda mayores recursos lo que conlleva como es la sobreexplotación [2,18]. Los efectos de esta problemática mundial es el calentamiento global y su consecuencia en el cambio climático y los fenómenos meteorológicos o atmosféricos, estos son los resultados de la variación del clima con respecto a los datos estadísticos climáticos.

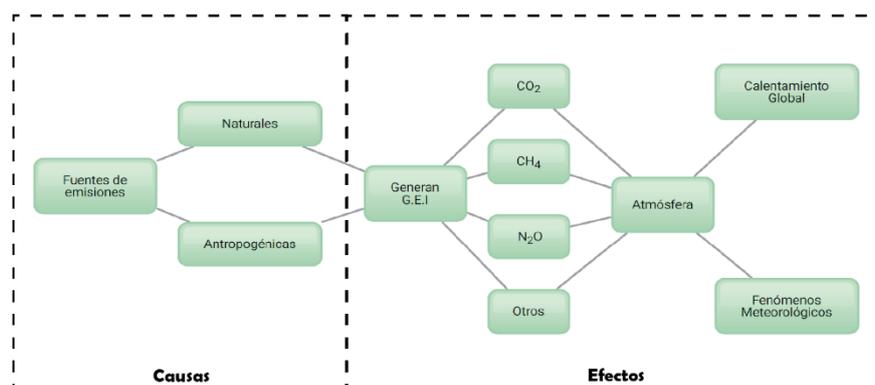


Figura 2. Causas y efectos de las emisiones de G.E.I. Dióxido de Carbono (CO_2), Metano (CH_4), Óxido de Nitrógeno (N_2O), Ozono (O_3) y Clorofluorocarburos (CFC)

2.2.2 Sobre población

Según las estadísticas llevadas por el Grupo Banco Mundial (GBM), en relación a la cantidad de los habitantes, analizando como primer escenario Mundo, como segundo escenario América latina incluido el Caibe y como tercero escenario Ecuador. Entre los años de 1960 al 2020 la tasa de crecimiento ha disminuido como se observa en la Figura 1, en las tres poblaciones mencionada anteriormente [19,20].

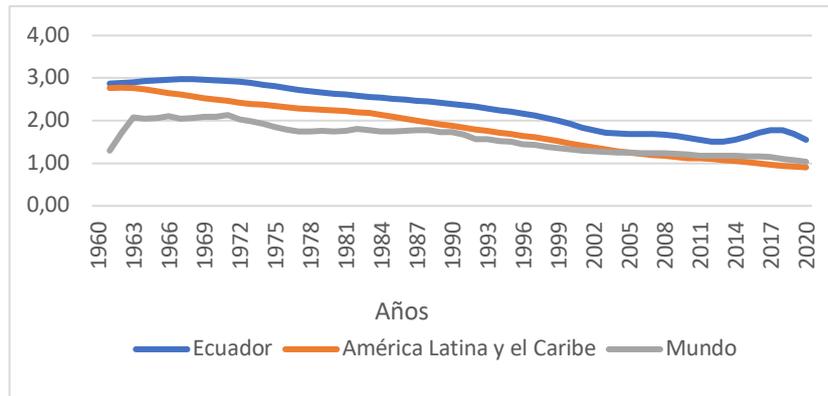


Figura 1. Tasa de crecimiento anual de habitantes (%)

Para simplificar mostramos los datos obtenidos de GBM, en el año 2020 el mundo tiene 7.752.840.547 mil millones de habitantes, con una tasa de crecimiento de 1.04%; América incluido el Caibe con 652.276.325 millones habitantes con una tasa de crecimiento de 0.90 % y Ecuador con 17.643.060 millones habitantes, con una tasa de crecimiento de 1.55 %. Lo que muestra el crecimiento demográfico como consecuencia aumento del consumo energético entre otros recursos. Para reducir las emisiones de CO_2 , se debe reducir el gasto de combustibles fósiles, la demanda mundial de la energía es el 80% y proviene de combustibles fósiles de este porcentaje las construcciones consumen un estimado del 40% de energía que son en sus construcciones y en el funcionamiento [21,22]. Aquí es donde interviene la arquitectura bioclimática llamada en este estudio arquitectura del futuro que busca el confort y como consecuencias el ahorro energético utilizando los recursos naturales de su entorno.

2.2.3 Temperatura

EL CO_2 es una de las fuentes de emisiones contaminación al medio ambiente y causante de aumento acelerado de la temperatura, según el IPCC muestra en su informe la información histórica de la estadística del promedio anual y promedio decenal de la temperatura en superficie, terrestre y oceánicas, como se ha venido desarrollando con el pasar del tiempo (Figura 2) [22], el cual podemos observar que desde 1960 comenzó a tener una tendencia de aumento con el pasar de las décadas y es por aquel motivo la variación que se da en diversos sitios del mundo [2,22].

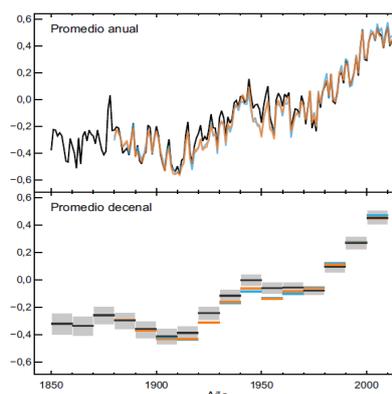


Figura 2. Anomalia observada en el promedio mundial de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en superficie, terrestre y oceánicas combinadas, 1850-2012

2.2.4 Clasificación de climas

Existe varias formas de clasificar el clima, sujetas a diferentes criterios utilizados, esto es por los diferentes tipos de necesidades a circunstancias concreta. Según el geógrafo Malte-Brun la clasificación de los criterios Higrotérmicos son basadas en el calor y el frío, la humedad y la sequedad (temperatura). Podemos ver la ilustración en la Figura 3 con los dos parámetros principales, los climas en cuatro tipos.

1. Clima cálido y seco
2. Clima cálido y húmedo
3. Clima frío y seco
4. Clima frío y húmedo

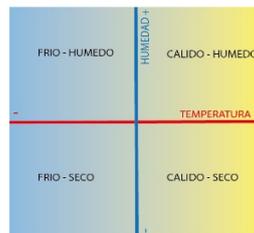


Figura 3. Clasificación de clima con criterios Higrotérmicos según Malte-Brun

Las variables de humedad y temperatura son los dos factores principales que intervienen entre el ser humano (Tabla 1) y el medio ambiente con el cual se puede conseguir la sensación de confort higrotérmico o la sensación de la inconformidad higrotérmica, es decir la humedad: relaciona a la tensión de vapor y humedad relativa; Temperatura: aire, paredes, piel; y como varios: velocidad del aire, producción de calor del cuerpo, superficie del cuerpo, postura del cuerpo y vestimenta esta puede ser desde el individuo vestido con un pantalón corto liviano en climas cálidos y ropa de alta montaña en climas muy fríos entre otros, diagrama de confort propuestos por Comisión de las Comunidades Europeas (C.E.C). El hombre y el medio ambiente actúan como intercambiadores térmicos, para lograr llegar sentirse confortable en un sitio interior o exterior a una edificación necesita una sensación de ni muy frío (inconfortable) y ni muy caliente (inconfortable), el confort climático es definido por ASHRAE como un estado de ánimo que expresa satisfacción con un entorno térmico [23,24].

Tabla 1. Rango de temperatura y sensación de Confort

Rango de temperatura	Sensación	
< 10°C	Muy Frío	Inconfortable
15°C	Frío	Inconfortable
20°C	Fresco	Confortable
25°C	Un poco fresco	
30°C	Neutral	Inconfortable
35°C	Un poco Tibio	
40°C	Caliente	Muy Inconfortable
> 45°C	Muy Caliente	
	Límite de Tolerancia	

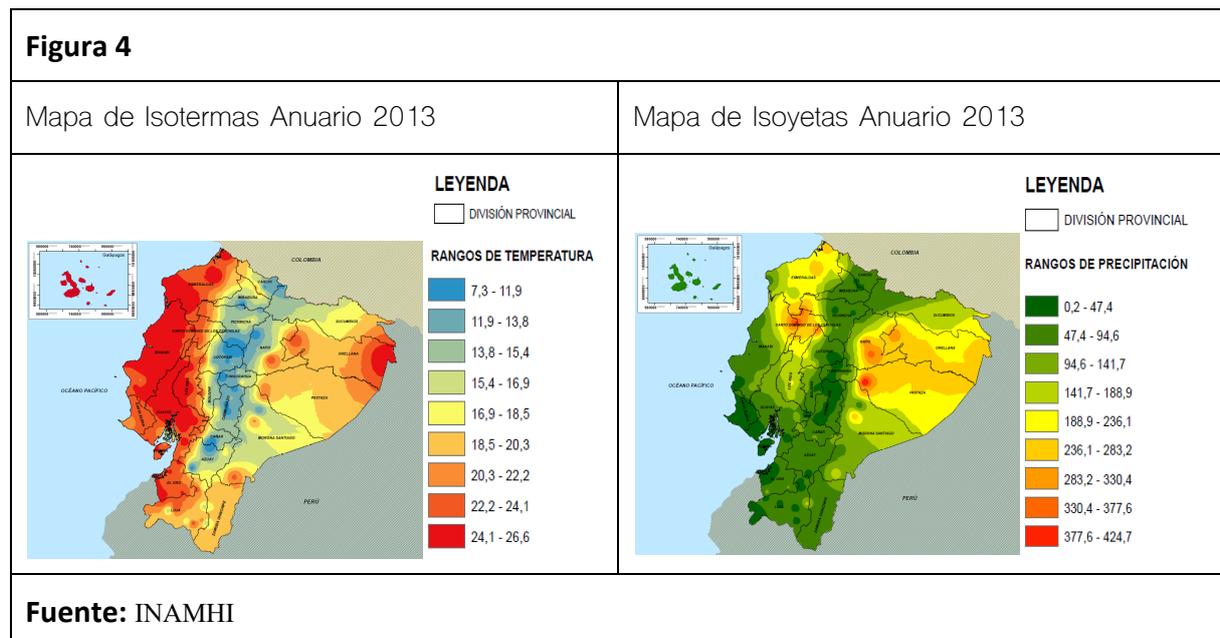
2.3.1 Datos climáticos de Estudio

Como siguiente objetivo de investigación se obtuvo información de los datos estadísticos climáticos de EPW de Ecuador Galápagos San Cristóbal Olmedo 2004–2018; Ecuador Pichincha Quito Iñaquito 2004–2018; Ecuador Pastaza Puyo Iñaquito 2004–2018; Ecuador Guayas Guayaquil Olmedo 2004–2018 [13], y se utilizó un software online educativo de Andrew Marsh para interpretarlo los datos climático descargados de EPW, el software utiliza la carta psicométrica de Givoni [25], las variables

principales utilizadas son Temperatura media humedad absoluta y relativa media del 2014 al 2018, con las cual demuestra las propiedades termodinámicas, las cuales son importante para visualizar en la carta psicométrica creada por Givoni en el año sesenta, con estos datos analizándolo nos permite comprender las estrategias a seguir para cada uno de los escenarios de este estudio, para los acondicionamiento de una edificación con los parámetros de confort térmico.

2.3.1.1 Zonas Climas de Ecuador

En Ecuador podemos identificar las zonas con los datos proporcionados por el INAMHI del anuario meteorológico correspondiente al 2013 (Figura 4), muestran dos mapas el primero isotermas el cual muestra la temperatura según los sectores, la Región Galápagos y Región Costa son la más calurosas; Región Amazonia es calurosa pero un poco menos que las dos anteriores; las temperaturas más bajas se encuentran en la Región Sierra, en el lado sur en donde se encuentra la Provincia de Loja, el segundo Isoyetas del país así mismo si lo relacionamos con las regiones podemos analizar lo siguiente, Región Galápagos, Región Costa y Región Sierra que son las que menos precipitación a excepción de las provincias de Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas y Esmeraldas; Región Amazonia es la región con más precipitaciones [26].

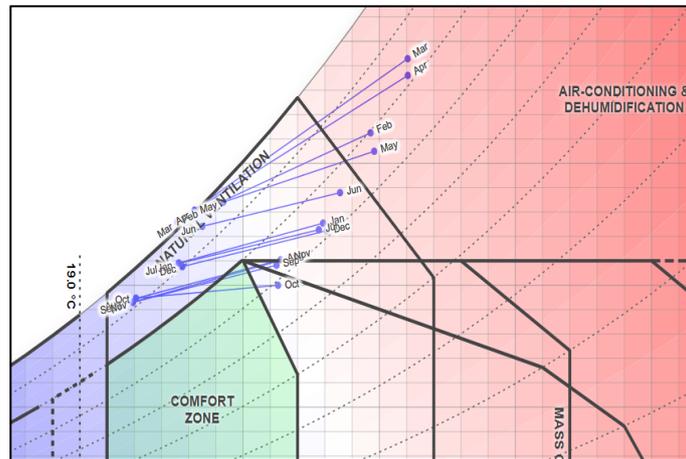


Las zonas climáticas son: Muy fría, Fría, Continental templada, Continental lluvioso, Húmeda calurosa, Húmeda muy calurosa, según las Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) Eficiencia Energética en Edificaciones Residenciales (EE). En el estudio la NEC las zonas climáticas son: Región Galápagos (San Cristóbal) es Húmeda muy calurosa, referencial de la ciudad de Guayaquil por las variables climática que son muy similares "Temperatura y Precipitación"; Región Sierra (Quito) es continental lluviosa; Región Amazónica (Puyo) es Húmeda calurosa; Región Costa (Guayaquil) es Húmeda muy calurosa [27].

2.3.1.2 Proceso de simulación

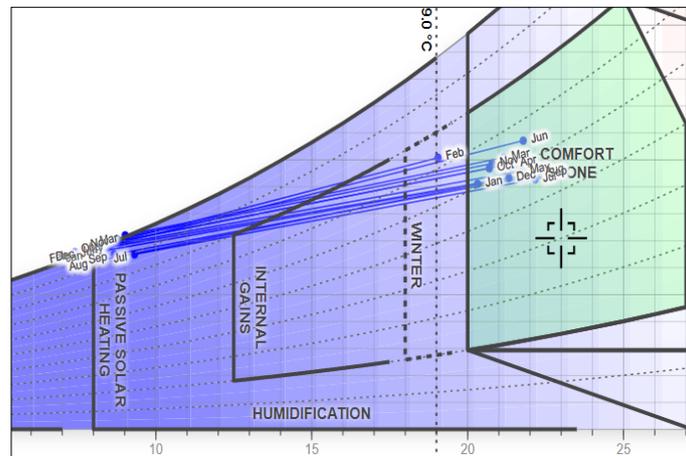
Al tener ya los datos climáticos EnergyPlus Weather (EPW) [13], se procedió a ingresarlo software online educativo de Andrew Marsh con la superposición de confort de la Carta bioclimática de Givoni, el cual considera las condiciones térmicas de bienestar del ser humano entre la temperatura y la humedad relativa en donde se sitie la edificación, como es en este estudio Figura 5. caso 1; Figura 6. caso 2; Figura 7. Caso 3 y Figura 8. caso 4. Como resultados generales de los datos ingresados y visualizados, se encuentran la mayorías fuera del área de confort definida por Givoni, tal como se muestra [25].

Figura 5. Carta Psicométrica – Givoni



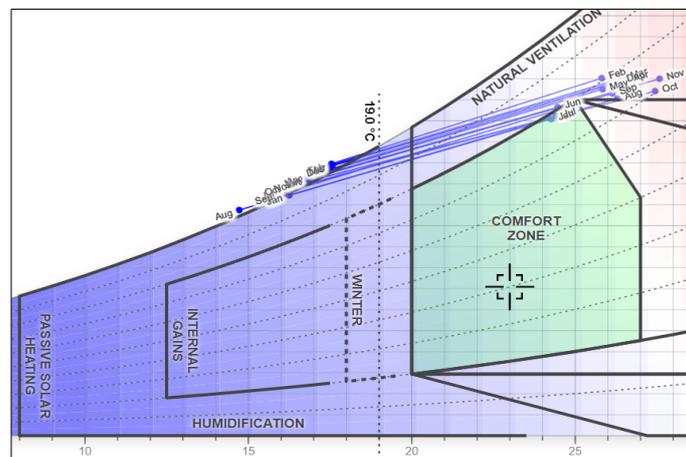
Caso 1, Región Insular o Galápagos – San Cristóbal

Figura 6. Carta Psicométrica – Givoni



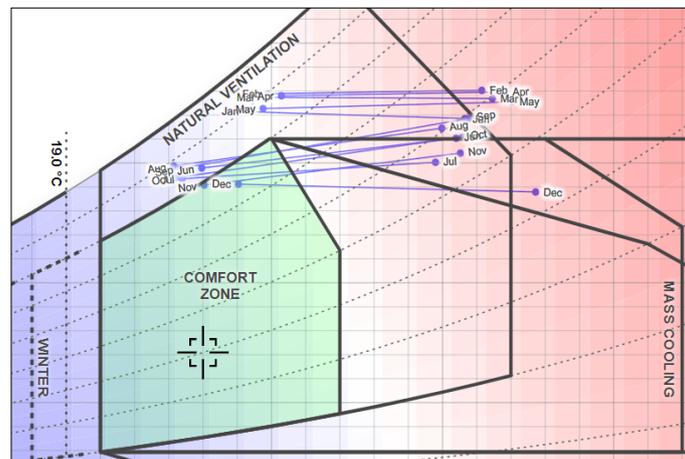
Caso 2, Región Interandina o Sierra – Quito

Figura 7. Carta Psicométrica – Givoni



Caso 3, Región Oriental o Amazónica – Puyo

Figura 8. Carta Psicométrica – Givoni



Caso 4, Región Litoral o Costa – Guayaquil

2.3.1.3 Estrategias Bioclimáticas

Baruch Givoni, John Martin Evans, Luis Gabriel Gómez Azpeitia y José Jaime Capel Molina y Víctor Olgay son nombres de Arquitectos que han investigado todo lo referente a la bioclimática, la problemática es dar información técnica que sirve para tomar los respectivos lineamientos en diseños arquitectónicos en relación a los beneficios con el medio ambiente por eficiencia del consumo energético, logrando la reducción de los gases de efectos invernadero y ahorro en las facturas de consumo eléctricos [28]. Las variables de incidencia son: **en primer lugar**, las estrategias pasivas son aquellas que se trataron en esta investigación como por ejemplo la composición de la envolvente, Orientaciones, Terminación de superficies exteriores, Terminación de superficies interiores, altura piso-techo y protecciones solares. **En segundo lugar**, las estrategias activas son todas las relacionadas a los sistemas mecánicos de climatización como, por ejemplo: Artefactos de iluminación, tipo de accionamientos de artefactos de iluminación, características de los equipos de refrigeración, características de los equipos de calefacción, sistemas de agua caliente sanitaria (ACS), Uso de energía fotovoltaica, calentamiento de agua con energía solar [29].

2.3.1.4 Diagrama de bienestar

EL diagrama utilizado en esta investigación fue elaborado por B. Givoni, construido por las variables de temperatura en el eje horizontal y la humedad relativa en el eje vertical, analizada con las medias mensuales de los años, el diagrama busca el confort de bienestar térmico interior de la edificación con los datos climáticos exterior de donde de vaya a implantar dicha edificación (Figura 9). Con esta metodología podemos identificamos las estrategia de diseño a seguir, como: calentamiento, ventilación, humidificación, enfriamiento evaporativo, masa térmica con ventilación nocturna y sistema activos o convencionales de acondicionamiento de aire [30]. La carta se elabora sobre un diagrama psicrométrico en el cual se distinguen varias zonas que la dividiremos en: La zona de bienestar térmico; hacia la derecha: la zona de bienestar se puede ampliar considerando la **masa térmica del edificio**, el **enfriamiento evaporativo**, más hacia la derecha, para llegar al nivel de confort necesita sistemas mecánicos. Hacia la izquierda: el confort se puede extender utilizando el **calentamiento pasivo**, más hacia la izquierda requiere de sistema convencionales de calefacción [31].

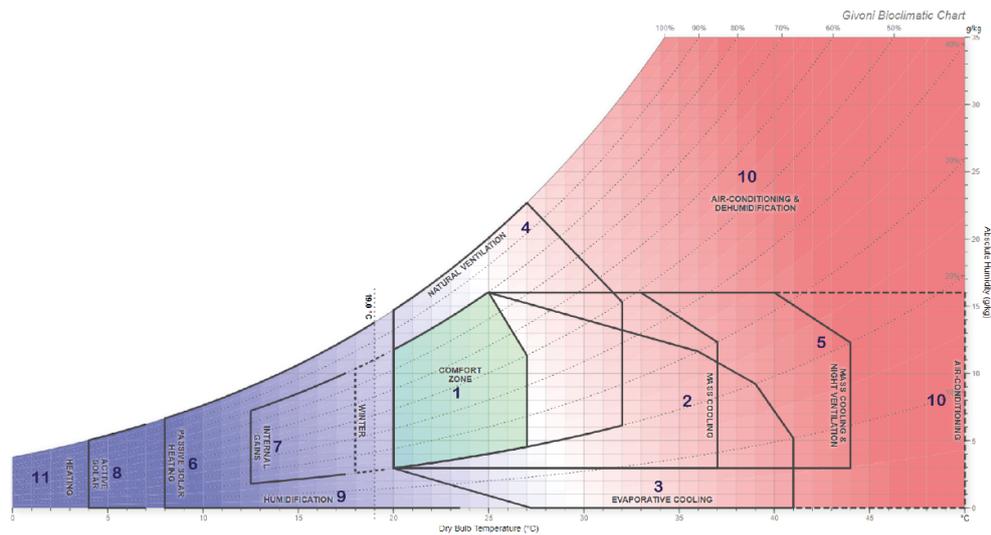


Figura 9. Carta Psicométrica

Parámetros utilizados con el diagrama de bienestar de Givoni, velocidad del aire – quieto 0.20 m/s; nivel de ropa – traje de negocios o casual con suéter 1.00 clo; Tasa metabólica – sentado con actividad sedentaria 1.00; Temperatura radiante media – ambiente normal 20,0°C.

Zona 1 (zona de confort): situada entre dos temperaturas límites de 20 y 27 °C, y humedades relativas límites entre 20 y 80 %. Zona en donde el ser humano se encuentra en el bienestar térmico sin necesitar estrategias bioclimáticas adicionales.

Zona 2 (enfriamiento masivo): Son sistema en donde intervienen los elementos activos de la arquitectura bioclimática pueden ser la utilización de la energía geotérmica por ejemplo el pozo canadiense y la utilización de los muy diversos tipos de materiales de construcción.

Zona 3 (refrigeración por evaporación): zona en donde intervienen aire y el agua. Es el que se produce cuando una corriente de aire seco y cálido pasa sobre una superficie de agua parte de la cual se evapora produciendo un doble efecto positivo, unos de estos efectos positivo es el descenso de la temperatura debido a la energía utilizada en el proceso de evaporación del agua y el otro efecto positivo es el aumento de la humedad ambiental.

Zona 4 (ventilación natural): zona en la que debemos utilizar el eficiente ingreso y salida de los vientos de la edificación de forma natural o mecánica para lograr disipar las altas temperaturas y la humedad elevada.

Zona 5 (ventilación nocturna): zona más caliente, Puede controlarse por la ventilación natural y condicionado por las características de los materiales utilizados.

Zona 6 (calefacción pasiva): zona ligeramente fría, Puede controlarse por la presencia de los ocupantes, y los equipos que se encuentren encendidos incluido la iluminación.

Zona 7 (ganancias internas): zona un poco más fría que la anterior, Se controla con sistema de solares pasivos e inercia térmica de los materiales.

Zona 8 (solar activa): zona más fría, en donde ya se utilizan sistemas solares activos.

Zona 9 (humidificación): zona más seca, aplicar métodos que consiste en añadir agua en el aire.

Zona 10 (aire acondicionado): zona de mayor calor, Se aplican sistemas pasivos acompañados de sistemas mecánicos de refrigeración.

Zona 11 (calefacción): zona de condiciones climáticas más extremas, clima extremo en donde se utiliza ya sistemas mecánica de calefacción.

3. Resultados y discusión

Los resultados de los cuatro sectores que se escogieron en Ecuador para la utilización del análisis de las estrategias a aplicar en la carta psicrométrica de Ginovi demostraron las estrategias de diseño bioclimático a seguir. Los datos analizados de los meses del año están fuera del área de confort por lo que se requiere de las siguientes estrategias bioclimáticas en relación con las variables climáticas como: temperatura de bulbo seco (°C), humedad relativa (%), precipitación (mm) entre otros.

Datos EnergyPlus Weather (EPW), e interpretados en software online educativo de Andrew Marsh. En la investigación de las zonas climáticas del Ecuador según NEC, San Cristóbal (Tabla 2) no existe como una zona climática pero se la considera similar a la región costa por las variables de temperatura identificadas en la tabla 3 por lo tanto es zona húmeda muy calurosa [27]. Los datos promedios obtenidos y analizados en la valoración de la tabla 3, la sensación es entre neutral y un poco tibio – confortable e inconfortable [23], se requiere de las estrategias bioclimáticas mencionadas en la Tabla 3 para ampliar zona de confort térmico.

Tabla 2. Caso 1, San Cristóbal

Estrategias Bioclimáticas	Temperatura de Bulbo seco		Humedad relativa		Agua Precipitable	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
zona 4 - ventilación natural; zona 2 – enfriamiento masivo; zona 10 – aire acondicionado	19.63 °C	30.26 °C	65.60 %	98.53 %	57.46 mm	136.92 mm
	Promedio		Promedio		Promedio	
	24.11 °C		83.69 %		80.77 mm	

Datos EnergyPlus Weather (EPW), e interpretados en software online educativo de Andrew Marsh. En la investigación de las zonas climáticas del Ecuador según NEC, Quito es continental lluvioso [27] y en otro estudio de la publicación sobre estrategias de diseño bioclimático: Caso Ecuador en la provincia de pichincha es clima del Páramo [32]. Los datos promedios obtenidos y analizados en la valoración de la tabla 3, la sensación se encuentra entre muy frío y frío – inconfortable [23], se requiere de las estrategias bioclimáticas mencionadas en la Tabla 3 para ampliar la zona de confort térmico.

Tabla 3. Caso 2, Quito

Estrategias Bioclimáticas	Temperatura de Bulbo seco		Humedad relativa		Agua Precipitable	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
zona 6 – calefacción pasiva y zona 7 - ganancias internas	7.36 °C	21.97 °C	52.14 %	99.64 %	13.96 mm	30.85 mm
	Promedio		Promedio		Promedio	
	13.46 °C		80.69 %		20.81 mm	

Datos EnergyPlus Weather (EPW), e interpretados en software online educativo de Andrew Marsh. En la investigación de las zonas climáticas del Ecuador según NEC, Puyo es húmeda calurosa [27] y en otro estudio de la publicación sobre estrategias de diseño bioclimático: Caso Ecuador en la

provincia de Pastaza es clima templado húmedo [32]. Los datos promedios obtenidos en la valoración y analizados de la tabla 3, la sensación es fresco – confortable [23], se requiere de las estrategias bioclimáticas mencionadas en la Tabla 4 para mantenerse dentro de la zona de confort térmico.

Tabla 4. Caso 3, Puyo

Estrategias Bioclimáticas	Temperatura de Bulbo seco		Humedad relativa		Agua Precipitable	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
zona 6 – calefacción pasiva y zona 4 - ventilación natural	17.97 °C	26.97 °C	67.32 %	100 %	39.32 mm	72.03 mm
	Promedio		Promedio		Promedio	
	19.95 °C		90.86 %		55.89 mm	

Datos EnergyPlus Weather (EPW), e interpretados en software online educativo de Andrew Marsh. En la investigación de las zonas climáticas del Ecuador según NEC, Guayaquil es húmeda muy calurosa [27] y en otro estudio de la publicación sobre estrategias de diseño bioclimático: Caso Ecuador en la provincia del Guayas es Cálido – Subhúmedo [32]. Los datos promedios obtenidos y analizados en la valoración de la tabla 1, la sensación es entre neutral y un poco tibio – confortable e inconfortable [23], se requiere de las estrategias bioclimáticas mencionadas en la Tabla 5 para ampliar zona de confort térmico.

Tabla 5. Caso 4, Guayaquil

Estrategias Bioclimáticas	Temperatura de Bulbo seco (°C)		Humedad relativa (%)		Agua Precipitable (mm)	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
zona 4 - ventilación natural; Zona 2 enfriamiento masivo; Zona 3 - refrigeración por evaporación; Zona 5 ventilación nocturna.	21.54 °C	31.44 °C	42.57 %	87.11 %	48.50 mm	91.35 mm
	Promedio		Promedio		Promedio	
	25.87 °C		70.15 %		70.35 mm	

Como podemos ver las estrategias bioclimáticas varían en la carta psicométrica de Givoni para llegar al nivel de confort, esto es por las diferentes variables climáticas que existen en cada uno de los lugares de esta investigación. Las principales estrategias de diseño bioclimático son: **ventilación natural, calefacción pasiva, ganancias internas, ventilación nocturna, masa térmica y sombreado de ventanas** que es lo que refleja esta investigación en referencia a la arquitectura pasiva, implementando estas estrategias afirmaron Walter Giraldo y Carlos A. Herrera que con decisiones en la etapa del diseño se puede incorporar los elementos pasivos los cuales son de bajos costos y mejoran las condiciones de confortabilidad en el interior de la construcción [33].

4. Conclusión

El cambio climático se da por el aumento de la población mundial por causa antropogénica principal, los datos publicados por GBM del año 2020 informa que el mundo tiene 7.752.840.547 mil millones de habitantes, con una tasa de crecimiento de 1.04%, esto tiene como consecuencia más consumo energético entre otros recursos, el IPCC en su publicación manifestó que la temperatura media se encuentra en los niveles de 1,5°C mundial, también manifestó en el informe que el dióxido de carbono (CO₂) tiene que reducirse hasta llegar al 0% a año del 2050, de no darse esta reducción

las consecuencias serían más aumento de temperatura, más descongelamientos de los glaciales, aumento de precipitaciones, incremento del nivel del mar, entre otros fenómenos lo cual provocaría habitabilidad restringida de cualquier ser vivo sobre el planeta tierra.

Los datos analizados de los cuatro casos de estudio se comprobó que ninguno llega a estar dentro de las zonas de las condiciones de confort térmico del diagrama de bienestar de Givoni. Existen estrategias bioclimáticas descrita en la tabla 2, tabla 3, tabla 4 y tabla 5, para cada caso con el cual se pueden ampliar la zona de confort térmico, con esto se lograría hacer más hábitats eficientes con la disminución de energía y la mitigación del cambio climático, esto considerando decisiones en la fase de diseño arquitectónicos acorde a las condiciones del entorno según la carta de bienestar de Givoni. Actualmente se realizan muchos proyectos tópicos, el cual es unos de los principales problemas, por el cual no se alcanza el nivel de confort adecuado en el interior de la edificación ya que cada sector tiene diferentes zonas climáticas como se comprobó en esta investigación.

Por esta razón es de extrema importancia la formación y la capacitación de todos los profesionales relacionado a esta área de la construcción de edificaciones bioclimáticas o edificaciones del futuro, concerniente a estudio del clima, confort, sol, aire y energía de donde de implante la edificación para generar las estrategias bioclimáticas adecuadas, actualmente existe software que nos ayudan a procesar los datos climáticos como son: Meteonorm, Weather tool, Climate consultant, Archiwizard, Wrplot y el utilizado en esta investigación software online educativo de Andrew Marsh, entre muchos más. La arquitectura bioclimática tiene muchos beneficios como, por ejemplo: 1.- ahorrar energías, 2.- ahorro económicos, 3.- reducción de los gases de efecto invernadero, 4.- mejorar la calidad de todos los seres vivos, 5.- no generan gastos de operación y mantenimiento, 6.- accesibles a familias de bajos ingreso económicos, 7.- procesos de construcción responsable con el medio ambiente.

Subsecuentemente, es recomendable una nueva investigación que realice simulaciones mediante software involucrando dos variables: 1.- Estrategias bioclimáticas-pasivas del diseño arquitectónico, 2.- Selección de materiales (tradicionales, no tradicionales o innovadores) con mayor eficiencia para lograr llegar a los niveles de confort térmico y lumínico dentro de la envolvente arquitectónica, con el fin de dar lineamientos técnicos para que se realicen construcciones confortables con criterios de eficiencia energética, considerando proyecciones climáticas futuras, estas nuevas construcciones tendrán que enfrentar temperaturas ambientes diferentes a las de hoy debido al cambio climático que está pasando en el planeta tierra.

Contribución de autores: El desarrollo de la investigación corresponde a aportes del único del autor.

Financiamiento: El autor financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: El Autor declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Bayón, M.; Durán, G.; Bonilla, A.; Zárate, D.; González, J.; Araujo, M.; Villavicencio, J. Lago Agrio : Barrios petroleros en el casco urbano que claman por sus derechos. *FLACSO Ecuador* **2020**.
2. Wasserstrom, R.; Reider, S.; Lara, R. Nobody knew their names: The black legend of tetete extermination. *Ethnohistory* **2011**, *58*, 421–444, doi:10.1215/00141801-1263848.
3. Erazo Chalco, N.P. La red urbana amazónica: análisis multiescalar de la dinámica de urbanización [Tesis de maestría, Flacso Ecuador]. **2017**.
4. Coronel Vargas, G.; Au, W.W.; Izzotti, A. Public health issues from crude-oil production in the Ecuadorian Amazon territories. *Sci. Total Environ.* **2020**, *719*, 134647, doi:10.1016/J.SCITOTENV.2019.134647.

5. Barraza, F.; Maurice, L.; Uzu, G.; Becerra, S.; López, F.; Ochoa-Herrera, V.; Ruales, J.; Schreck, E. Distribution, contents and health risk assessment of metal(loid)s in small-scale farms in the Ecuadorian Amazon: An insight into impacts of oil activities. *Sci. Total Environ.* **2018**, *622–623*, 106–120, doi:10.1016/J.SCITOTENV.2017.11.246.
6. Durango-Cordero, J.; Saqalli, M.; Laplanche, C.; Locquet, M.; Elger, A. Spatial Analysis of Accidental Oil Spills Using Heterogeneous Data: A Case Study from the North-Eastern Ecuadorian Amazon. *Sustain.* **2018**, *Vol. 10, Page 4719* **2018**, *10*, 4719, doi:10.3390/SU10124719.
7. Weathers, K.C.; Strayer, D.L.; Likens, G.E. *Fundamentals of ecosystem science*; Academic Press, 2012;
8. Manahan, S.E. *Environmental chemistry*, 10a ed.; CRC Press, 2017;
9. Seinfeld, J.H.; Pandis, S.N. *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*; 3a ed.; John Wiley and Sons, 2016;
10. Zhang, G.; Liu, D.; He, X.; Yu, D.; Pu, M. Acid rain in Jiangsu province, eastern China: Tempo-spatial variations features and analysis. *Atmos. Pollut. Res.* **2017**, *8*, 1031–1043, doi:10.1016/J.APR.2017.02.001.
11. Bashkin, V.N. *Environmental Chemistry: Asian Lessons*; Springer, 2003;
12. Mainville, N.; Webb, J.; Lucotte, M.; Davidson, R.; Betancourt, O.; Cueva, E.; Mergler, D. Decrease of soil fertility and release of mercury following deforestation in the Andean Amazon, Napo River Valley, Ecuador. *Sci. Total Environ.* **2006**, *368*, 88–98, doi:10.1016/J.SCITOTENV.2005.09.064.
13. Liu, X.; Zhang, B.; Zhao, W.; Wang, L.; Xie, D.; Huo, W.; Wu, Y.; Zhang, J. Comparative effects of sulfuric and nitric acid rain on litter decomposition and soil microbial community in subtropical plantation of Yangtze River Delta region. *Sci. Total Environ.* **2017**, *601–602*, 669–678, doi:10.1016/J.SCITOTENV.2017.05.151.
14. Granados Sánchez, D.; López Ríos, G.F.; Hernández García, M.Á. La lluvia ácida y los ecosistemas forestales. *Rev. Chapingo Ser. ciencias For. y del Ambient.* **2010**, *16*, 187–206, doi:10.5154/R.RCHSCFA.2010.04.022.
15. Wei, H.; Liu, W.; Zhang, J.; Qin, Z. Effects of simulated acid rain on soil fauna community composition and their ecological niches. *Environ. Pollut.* **2017**, *220*, 460–468, doi:10.1016/J.ENVPOL.2016.09.088.
16. Henao Muñoz, L.; Bernal Bautista, M. Tolerancia al pH en embriones y renacuajos de cuatro especies de anuros colombianos. *Rev. la Acad. Colomb. Ciencias Exactas, Físicas y Nat.* **2011**, *35*, 105–110.
17. Freda, J. The influence of acidic pond water on amphibians: A review. *Water, Air, Soil Pollut.* **1986**, *301* **1986**, *30*, 439–450, doi:10.1007/BF00305213.
18. Marco, A.; Quilchano, C.; Blaustein, A.R. Sensitivity to nitrate and nitrite in pond-breeding amphibians from the Pacific Northwest, USA. *Environ. Toxicol. Chem.* **1999**, *18*, 2836–2839, doi:10.1002/ETC.5620181225.
19. Rouse, J.D.; Bishop, C.A.; Struger, J. Nitrogen pollution: an assessment of its threat to amphibian survival. *Environ. Health Perspect.* **1999**, *107*, 799, doi:10.1289/EHP.99107799.
20. Bioweb Anfíbios del Ecuador. Diversidad y Biogeografía Disponible en: <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/DiversidadBiogeografia>.
21. Climate-Data.org Clima: Ecuador Disponible en: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador-63/>.
22. Najjuma, Z. Evaluation of accuracy and precision of farmer reported field area using a mobile device application in three agro-ecological zones of Uganda [Tesis de grado, Makerere University]. **2018**.
23. Mestre, L.; Rechetelo, J. The use of smart-phones GPS application to improve GIS classes in South Brazil. *Congr. GKA, [2019] Congr. Int. Tecnol. en la Educ.* **2019**.
24. GLOBE Precipitation Protocols Disponible en: <https://www.globe.gov/documents/348614/348678/Precipitation/97b9939c-7fb5-4b12-8113-59f988781bf5>.
25. OpenStreetMap OpenStreetMap Disponible en: <https://www.openstreetmap.org/search?query=nueva+loja#map=11/0.1298/-76.9050>.
26. Deligiorgi, D.; Philippopoulos, K. Spatial Interpolation Methodologies in Urban Air Pollution Modeling: Application for the Greater Area of Metropolitan Athens, Greece. En *Advanced Air Pollution*; Farhad Nejadkoorki, IntechOpen, 2011.
27. GisResources Types of interpolation methods Disponible en: https://gisresources.com/types-interpolation-methods_3/.

28. Wong, D.W.; Yuan, L.; Perlin, S.A. Comparison of spatial interpolation methods for the estimation of air quality data. *J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol.* **2004**, *14*, 404–415, doi:10.1038/SJ.JEA.7500338.
29. DGAC Listado Mensual de Dirección-Velocidad del Viento. *Dir. Gen. Aviac. Cív.* **2019**.
30. Sosa-Echeverría, R.; Bravo-Álvarez, H.; Alarcón-Jiménez, A.L.; Torres-Barrera, M. del C.; Jaimes-Palomera, M.; Sánchez-Álvarez, P.; Granados-Hernández, E. Acid rain in a Mexican site on the coast of the Gulf of Mexico. *Atmósfera* **2018**, *31*, 317–330, doi:10.20937/ATM.2018.31.04.01.
31. Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables Plan nacional de desarrollo del sector minero 2020–2030. **2020**.
32. Agrocalidad Unidades de Producción Certificadas con Buenas Prácticas Pecuarias. **2020**.
33. GADMLA Actualización Del Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial. *Gob. Autónomo Descent. Munic. del Cantón Lago Agrio* **2019**.
34. Flores, R.; Bonilla, P. Perfil de la Lluvia Ácida en la Ciudad de Quito (Ecuador) Durante los Meses de Diciembre–2008 y Enero–2009. *Química Cent.* **2010**, *1*, 27–34, doi:10.29166/quimica.v1i1.1192.
35. Burbano, M.; Figueroa, A. Variabilidad espacio-temporal de aniones (SO₄⁻² y Cl⁻) en el agua lluvia de Popayán, Colombia. *Rev. Ing. Univ. Medellín* **2015**, *14*, 13–27.
36. Beverland, I.J.; Crowther, J.M.; Srinivas, M.S.N.; Heal, M.R. The influence of meteorology and atmospheric transport patterns on the chemical composition of rainfall in south-east England. *Atmos. Environ.* **1998**, *32*, 1039–1048, doi:10.1016/S1352-2310(97)00365-8.
37. Posso, F.; Sánchez, J.; Espinoza, J.; Sigüencia, J. Preliminary estimation of electrolytic hydrogen production potential from renewable energies in Ecuador. *Int. J. Hydrogen Energy* **2015**, *41*, doi:10.1016/j.ijhydene.2015.11.155.
38. EPA Drinking Water Regulations and Contaminants. *United States Environ. Prot. Agency* **2021**.
39. INEC Estadísticas de transporte 2018. *Inst. Nac. Estadísticas y Censos* **2018**.

Reseña de los autores:



Fabricio Gómez Ortega. Arquitecto Graduado en la Universidad de Guayaquil (UG), con más de 10 años de experiencia en diseños y construcciones de obras civiles, En la actualidad está cursando un cuarto nivel en Ingeniería Civil, mención en Construcción Sustentable en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte (ULVR)..



© 2021 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/>