

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2025,
Volumen 9, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1

ESTUDIO EN MODELADO DE LA EVOLUCIÓN DE LA CRISIS CLIMÁTICA A TRAVÉS DEL TIEMPO

**STUDY ON MODELING THE EVOLUTION OF
THE CLIMATE CRISIS OVER TIME**

Victor Rogelio Tirado Picado
Universidad Americana -UAM, Nicaragua

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rem.v9i1.16584

Estudio en Modelado de la Evolución de la Crisis Climática a Través del Tiempo

Victor Rogelio Tirado Picado¹victornica2001@yahoo.comvictor.tirado@uamv.edu.ni<https://orcid.org/0000-0002-7907-0006>

Dirección de Investigación y Exgensión Universitaria

Universidad Americana -UAM

Managua, Nicaragua

RESUMEN

La propuesta de investigación tiene el siguiente alcance. En relación, al objetivo general, se pretende modelar la evolución de la crisis climática a través del tiempo tomando como variables el calentamiento global, los gases de efectos invernaderos, temperatura de la atmosfera y temperatura de los océanos, así como también la continuidad de los fenómenos naturales en cuanto a su medición, temporalidad y proyección. Para lograr lo anterior, se plantea la descripción de los siguientes objetivos específicos: - Identificar las variables correspondientes a la crisis climática, su relación y correlación entre ellas; - Desarrollar modelos de proyección con arreglos matemáticos y estadísticos para proyectarlos en un tiempo determinado y de esta manera, - Proponer medidas de atenuación a los diferentes escenarios desfavorables. Las principales variables que actualmente están vinculada directamente con el Cambio Climático son: el CO₂, el índice atmosférico, la precipitación, la temperatura y la velocidad del viento. La correlación que existe entre los elementos climáticos, es muy alta, tanto en el comportamiento histórico como el comportamiento proyectado al 2035, su correlación se estima en 0.90, 0.95, 0.93 y 91 respectivamente. Los modelos matemáticos ocupados para manipular el análisis histórico y proyectado de las variables estudiadas: son los arreglos normales, esto asegura que los valores se puedan usar a una escala en común; luego se tiene el análisis de las variables históricas utilizando la tendencia lineal, y finalmente se tiene el análisis de las variables proyectadas al año 2035 utilizando la tendencia polinómica. En ambas situaciones la relación directa de los gases de efecto invernadero principalmente el CO₂ está directamente relacionado con las variaciones de las variables en el tiempo, lo cual es un resultado muy preocupante porque ya no se puede hablar de cambio climático, sino de CRISIS CLIMATICA. En gran medida se requiere del cambio de paradigma de explotación de los recursos de nuestra madre tierra. Alertar de manera SOS hacia las grandes potencias, que hagan un uso razonable de la tecnología, para ello se proponen medidas de atenuación.

Palabras Claves: crisis climática, modelo, factores climáticos, evolución, temperatura

¹ Autor principal

Correspondencia: victornica2001@yahoo.com

Study on Modeling the Evolution of the Climate Crisis Over Time

ABSTRACT

The research proposal has the following scope. In relation to the general objective, it is intended to model the evolution of the climate crisis over time taking as variables global warming, greenhouse gases, atmospheric temperature and ocean temperature, as well as the continuity of natural phenomena in terms of their measurement, temporality and projection. To achieve the above, the following specific objectives are described: - Identify the variables corresponding to the climate crisis, their relationship and correlation between them; - Develop projection models with mathematical and statistical arrangements to project them in a given time and in this way, - Propose mitigation measures to the different unfavorable scenarios. The main variables that are currently directly linked to Climate Change are: CO₂, the atmospheric index, precipitation, temperature and wind speed. The correlation between climatic elements is very high, both in historical behavior and projected behavior to 2035, its correlation is estimated at 0.90, 0.95, 0.93 and 91 respectively. The mathematical models used to manipulate the historical and projected analysis of the variables studied are the normal arrangements, this ensures that the values can be used at a common scale; then there is the analysis of the historical variables using the linear trend, and finally there is the analysis of the variables projected to the year 2035 using the polynomial trend. In both situations, the direct relationship of greenhouse gases, mainly CO₂, is directly related to the variations of the variables over time, which is a very worrying result because we can no longer speak of climate change, but of CLIMATE CRISIS. To a large extent, a paradigm shift in the exploitation of the resources of our mother earth is required. To alert the great powers in an SOS manner, so that they make reasonable use of technology, for which mitigation measures are proposed.

Keywords: climate crisis, model, climatic factors, evolution, temperature

*Artículo recibido 17 diciembre 2024
Aceptado para publicación: 21 enero 2025*



INTRODUCCIÓN

El tema del cambio climático, no es nuevo, pero es amplio y complejo en su interior para el estudio, así pues, lo que haya sucedido en millones de años en el pasado, en lo que se refiere a los cambios relacionado con el clima, se habrían notado de una manera constante, basándose en la normalidad del principio de la vida, todo tiene un inicio, un desarrollo y crecimiento, y un final, hasta cerrar el ciclo y volver a empezar.

En medio de ese ciclo, se han destacado transformaciones en el tiempo de nuestro planeta, de manera natural, pero también de manera antropogénica. La armonización y convivencia del hombre con el medio nativo que ofrecía la tierra en aquellos tiempos, promovía que nuestros antepasados se hicieran del aprovechamiento de los recursos naturales de una manera racional.

Con el pasar del tiempo, la necesidad del hombre por destacar con las nuevas invenciones tecnológicas, el excesivo aprovechamiento de los recursos naturales, la contaminación oceánica y atmosférica, fueron las principales actividades antropogénica para desatar la furia de la naturaleza de manera acelerada, materializándose en lo que ayer se llamó cambio climático, y hoy, se llama crisis climática.

Por más de 70 años, vemos que el cambio climático ha pasado de notarse de manera constante, a notarse de manera acelerada, y los efectos son más notorio en nuestro entorno destacándose el efecto invernadero provocado por la alta contaminación por emisiones de gases, causando el calentamiento en la atmosfera y los océanos.

El tema del cambio climático o crisis climática, es un argumento que evoluciona a través del tiempo. El interés por el estudio de la crisis climática crece cada día más, porque están apareciendo nuevos fenómenos naturales y con mayor intensidad, que impacta sobre la vida humana.

Para entender el amplio mundo de la crisis climática, es importante hacer una retrospectiva para ver el comportamiento de los diferentes fenómenos naturales, y de los resultados obtenidos proyectarlos con modelos matemáticos y estadísticos, y de esta manera generar escenarios armónicos con el medio natural, y proponer repuestas atenuantes para poder convivir con la preciada madre tierra.

Es así, que nace la idea de la propuesta de tesis, referente al modelado de la evolución de la crisis climática a través del tiempo.



La propuesta de investigación tiene el siguiente alcance. En relación, al objetivo general, se pretende modelar la evolución de la crisis climática a través del tiempo tomando como variables el calentamiento global, los gases de efectos invernaderos, temperatura de la atmosfera y temperatura de los océanos, así como también la continuidad de los fenómenos naturales en cuanto a su medición, temporalidad y proyección. Para lograr lo anterior, se plantea la descripción de los siguientes objetivos específicos: - Identificar las variables correspondientes a la crisis climática, su relación y correlación entre ellas; - Desarrollar modelos de proyección con arreglos matemáticos y estadísticos para proyectarlos en un tiempo determinado y de esta manera, - Proponer medidas de atenuación a los diferentes escenarios desfavorables.

METODOLOGÍA

El tema a desarrollar es Acción por el Clima que corresponde al Objetivo de Desarrollo Sostenible número 13, en el que se pretende estudiar un modelado de la evolución de la Crisis Climática a través del tiempo”, por lo que surgen preguntas como: ¿Serán correctas las variables identificadas para el análisis de la incidencia en la manifestación del cambio climático acelerado?, ¿La proyección de escenarios utilizando modelos con arreglos matemáticos y estadístico son suficiente para definir una metodología para mitigar los efectos del cambio climático?, y ¿serán suficientes las medidas de atenuación propuestas mitigar los escenarios desfavorable provocado por el cambio climático?

El presente trabajo de tesis será diseñado bajo el planteamiento del enfoque cuantitativo, puesto que este es el que mejor se adapta a las características y necesidades de la investigación.

Ahora bien, del enfoque cuantitativo, se utilizará la recolección de bases de datos, y el análisis de los datos para contestar la pregunta de investigación, mismo enfoque que confía en “la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística y modelos matemáticos para establecer con exactitud de patrones de comportamiento en un muestreo”. (Hernández Sampieri, Fernández-Collado, & Baptista Lucio, 2006), (p. 36).

Del enfoque cuantitativo se tomará la técnica de recopilación de datos existentes (estadísticas continuas), análisis de contenido de documentos y textos para describir la percepción de la evolución de la crisis climática a través del tiempo, así como también medir los fenómenos naturales y correlacionarlos con arreglos de modelos matemáticos.



El presente trabajo es muy pertinente, porque se estudiará las bases de datos de las diferentes variables mediante la memoria de modelos de la evolución de la Crisis Climática tomado con línea base los resultados del pasado para proyectar hacia el futuro.

El modelo desarrollado nos permitirá identificar los diferentes hallazgos encontrados con la manipulación de las distintas variables de estudios.

Y, mediante la aplicación de la matemática y la estadística, se estará contribuyendo a la ciencia al proponer escenarios climáticos tanto en el pasado como en el futuro.

Fuentes Primarias

Página web de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). <https://www.noaa.gov/>

Página web de la World Air Quality Index (WQI). <https://waqi.info/es/#/c/10.053/2.836/3.2z>

Página web del Programme of The European Union COPERNICUS. <https://www.copernicus.eu/es>

Instituto Nicaragüenses de Estudios Territoriales, Nicaragua (INETER). Dirección de Meteorología.

Fuentes Secundarias

del Olmo, W. (2022). Ideas para combatir el cambio climático. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 20-27.

Díaz Cordero, G. (2012). El Cambio Climático. *Ciencia y Sociedad*, 227-240.

Jodar Abellan, A., Ruiz, M., & Melgarejo, J. (2018). Evaluación del impacto del cambio climático sobre una cuenca hidrológica en régimen natural (SE, España) usando un modelo SWAT. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 240-253.

López de la Cruz, J., & Francés, F. (2014). La variabilidad climática de baja frecuencia en a modelación no estacionaria de los regímenes de las crecidas en las regiones hidrológicas Sinaloa y Presidio San Pedro. *Tecnología y Ciencias del agua*, 79-101.

Osés Rodríguez, R., Fimia Duarte, R., Iannacone, J., Saura González, G., Gómez Camacho, L., & Ruiz Cabrera, N. (2016). Modelación de la temperatura efectiva equivalente para la estación del Yabú y para la densidad larval total de mosquitos en Caibarién, provincia Villa Clara, Cuba. *Revista Peruana de Entomología*, 1-7.



Sanabria, J., Marengo, J., & Valverde, M. (2009). Escenarios de Cambio Climático con modelos reionales sobre el Altiplano Peruano (Departamento de Puno). *Revista Peruana Geo-Atmosférica RPGA*, 134-149.

Sanchez Vega, M. (2008). La capa de ozono. *Revista Biocenosis*, 65-68.

Toro Valencia, V., Mosquera, W., Barrientos, N., & Bedoya, Y. (2019). Circulación oceánica del golfo de Urabá usando campos de vientos de alta resolución temporal. *Boletín científico CIOH*, 41-56.

Yañez-Arancibia, A., Twilley, R., & Lara-Domínguez, A. L. (1998). Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. *Madera y Bosques*, 3-19.

Métodos de Recopilación de Datos

La observación cuantitativa, es el método por excelencia para la recopilación de datos para este trabajo, en él se pretende observar de manera sistemática utilizando la técnica como el recuento del número de los datos por cada variable estudiada, en un tiempo determinado.

El otro método que se hará uso es la revisión de documentos, en la cual la efectividad de recolección de datos es muy acertada, es un método suplementario para fortalecer y apoyar el trabajo de investigación.

Método de Análisis de Datos y Verificación

El método para analizar los datos, son los referidos a las técnicas de modelamiento matemático y estadísticos, manipulando las variables y determinando su correlación, proyección, y su incidencia en la frecuencia, magnitud y repetición de los fenómenos naturales. Son analizados mediante gráficas comparativos de tendencia lineal, logarítmico y/o exponencial, según la tendencia que más se ajuste.

Todos los gráficos serán construidos en Microsoft Excel, y a partir de los resultados se analizará los posibles escenarios proyectados generando matrices de crisis climática. El resultado esperado de análisis de los datos, posteriori, será comparado con otros métodos de modelación climática para verificar su efectividad.

Marco Teórico

Existen variados modelos climáticos, que determinan en tiempo real la ocurrencia y sus efectos, dentro de los modelos climáticos se destacan las variables como: precipitación, de acuerdo a (López de la Cruz & Francés, 2014) la primera aproximación en la modelación de los regímenes de crecidas bajo condiciones de no estacionalidad, describe que consistió en la implementación de modelos en los cuales



se incorporó el tiempo como única covariable explicativa, tomo en cuenta la distribución de la precipitación según los modelos de tendencias temporales ajustados a 38 años como series temporales de crecidas de los sitios de estudio, por medio de los cuales se intentó describir la variabilidad interanual presentes en los regímenes de crecidas en el tiempo.

El autor (Osés Rodríguez, y otros, 2016) en sus conclusiones, relata que existe un efecto colateral entre la densidad poblacional de mosquitos en Caibarién y el aumento de la temperatura efectiva. El efecto de la proliferación del mosquito, su densidad poblacional es acelerado debido al aumento de la temperatura, en el futuro este tipo de mosquito ocasionará epidemias puntuales, efecto generado por el cambio de temperatura, factor que está directamente ligado y en correspondencia con cambio climático. La velocidad de los vientos, es otro factor que influye en la humedad y calidad de una zona del planeta, y más en los océanos, en este sentido según (Toro Valencia, Mosquera, Barrientos, & Bedoya, 2019), los procesos físicos que tiene mayor influencia en la dinámica oceánica al interior del golfo de Urabá, son la variabilidad de los campos de viento, las diferencias de densidad y las descargas fluviales. También (Toro Valencia, Mosquera, Barrientos, & Bedoya, 2019) manifiesta que, la influencia de la dinámica de los campos de viento en la circulación oceánica se ve afectada por la variación latitudinal de la zona de convergencia intertropical que genera dos épocas climáticas, época seca (diciembre a marzo) y época lluviosa (mayo a noviembre). Es decir, el análisis que se realizó fue un modelado con resolución temporal, de cómo los campos de vientos influyen en la circulación oceánica que confina las aguas dulces en el sur del Golfo de Urabá.

Ahora bien, en los parámetros encontrados que está directamente en contacto con los factores hidrometeorológicos, es la capa de Ozono estratosférico (O_3), de acuerdo a (Sanchez Vega, 2008), indica que es un gas que forma una capa que nos protege de la radiación ultravioleta tipo B (UV-B), perjudicial para la vida en el planeta. La capa de ozono se encuentra en la estratosfera. La cantidad de ozono se ve disminuida debida a su reacción con la contaminación de origen antropogénico. Entre los contaminantes más perjudiciales para la capa de ozono se encuentran: clorofluorocarbonos (CFCs), el gas metano (CH_4), el óxido nitroso, el monóxido de cloro (ClO), el monóxido de carbono, entre otros. (Sanchez Vega, 2008) manifiesta que la destrucción de la capa de ozono hace que los rayos ultravioletas lleguen a la superficie de la biosfera y puedan interferir en la capacidad fotosintética y el crecimiento de



las plantas. Otra consecuencia es el aumento del riesgo de cáncer de piel en los seres humanos y animales.

En cuanto al cambio climático, (Jodar Abellan, Ruiz, & Melgarejo, 2018) desarrolla un modelo con SWAT aplicada a una cuenca hidrológica en SE, España. Los datos de precipitación y temperatura proceden de los *modelos climáticos globales* (GCMs) bcc-csm-1-m, MPI.ESM.MR y bcc; csm 1.1, están regionalizados con técnicas de análogos, bajo los escenarios de emisión RCP4.5 y RCP8.5 (periodo 2010-2050). Los resultados del ajuste mejoran con *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE), con respecto a *Kling-Gupta Efficiency* (KGE), en las series de calibración y validación. En lo personal, en cuanto al análisis de los datos, se requiere introducir por ejemplo el índice atmosférico, variable que influyen en la variación de los demás factores, deja abierta la posibilidad de seguir abordando este tema proponiendo otro modelo climático. En la actualidad, a nivel mundial, existen monitoreos del comportamiento climático con software en tiempo real, con visores de agencias internacionales, que pueden predecir un fenómeno una vez este está formado, sin embargo, las predicciones no las hacen, ya que no calculan su magnitud y su repetición a corto, mediano y largo tiempo.

Otras agencias que realizan el modelado de vigilancia a través de visores son: el *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), la *Agencia de Vigilancia Nacional del Medio Ambiente Atmosférico Española* (AEMET), la *Agencia Espacial Europea COPERNICUS*, entre otras.

De acuerdo a (Sanchez Vega, 2008) en su investigación relata que durante la calibración y validación de SWAT aplicada para la cuenca alta del Río Taibilla, se escogió una eficiencia *NSE* como función objetivo, ya que según la investigación es el que mejor se adapta y aporta, con respecto a la eficiencia *KGE*, esto se manifiesta en los resultados de bondad de ajuste entre caudales observados y simulados. También (Sanchez Vega, 2008) concluye que la proyección del cambio climático acopladas a SWAT, considerando el reforzamiento radiactivo aportado por los escenarios de emisión RCP4.5 y RCP8.5 para los GCMs bcc-csm-1-1-m, MPI, ESM.MR y bcc.csm1.1, con la regionalización estadística de análogos muestran que en el periodo 2010-2050 la precipitación media en la cuenca posee una elevada variabilidad interanual con tendencias no significativas ($P\text{-valor}<0.001$) en los dos escenarios.

Por otro lado (Sanabria, Marengo, & Valverde, 2009) en su investigación, hace referencia a la climatología, comportamiento de la temperatura y precipitación del Altiplano Peruano (Departamento



de Puno), modelo que se utilizó para construir los escenarios a partir de los datos observados, y que de acuerdo a los resultados presentados este fue validado en función de la regionalizada, espacial y temporal, el modelo HadRM3, en comparación con los otros dos modelos estudiados por (Sanabria, Marengo, & Valverde, 2009), simuló mejor la estacionalidad y los valores de la climatología de la precipitación reproduciendo los periodos húmedos y secos. Continuando con (Sanabria, Marengo, & Valverde, 2009), refiere a la temperatura con los modelos HadRM3 y el ETA CSS, simularon la tendencia de la estacionalidad de la climatología de la temperatura. Y de manera que, (Sanabria, Marengo, & Valverde, 2009) para el futuro en el periodo 2071-2100, el modelo HadRM3 fue el que proyectó la precipitación, simulando en un escenario extremo en la época lluviosa, y en un escenario moderado para la época seca. La media de los modelos HadRM3 y el ETA CSS fueron los que proyectaron la temperatura en los escenarios extremo y moderado en la cual simularon incremento para dicho parámetro.

Hay muchos artículos, escritos, textos entre otros..., que hablan sobre la situación actual de la Crisis Climática. En esta ocasión se tomará como información base actualizada la web de Pacto Mundial Red Española, que considero que brinda información de la situación actual en relación a la Crisis Climática. (Pacto Mundial Red Española, 2023) en su artículo ¿Cuál es el estado actual del cambio climático en el mundo?, se prevé que el periodo comprendido entre 2016 y 2020 habrá de ser el quinquenio más cálido de la historia; que las emisiones globales de dióxido de carbono (CO₂) fósil, que son aquellas procedentes del uso de combustible fósiles y la industria, alcanzaron un récord en 2019 de 36,7 gigatoneladas.

(Pacto Mundial Red Española, 2023), también manifiesta que las concentraciones de gases de efecto invernaderos en la atmósfera han seguido aumentando hasta alcanzar nuevos registros mundiales. También (Pacto Mundial Red Española, 2023), declara el deshielo del ártico y aumento del nivel del mar en 3.6 mm anuales; la acidificación de los océanos y pérdida de la biodiversidad del mar ha aumentado con la absorción entre el 20% y 30% del total de las emisiones de CO₂, y que las modificaciones en las condiciones hidrológicas han aumentado en relación a los desastres naturales, al aumento de las zonas que sufren el estrés hídricos, y el aumento de las muertes por la mala calidad del agua.



Por otra parte, según (CEPAL, 2023) en la web, se describe el artículo “Acerca de Cambio climático” y expresa que, la comisión económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) ha venido trabajando en los últimos tiempos, junto a varios países de la región, en la evaluación económica del cambio climático generando información, a escala local, sobre los impactos sectoriales y en grupos socioeconómicos específicos. (CEPAL, 2023) manifiesta que la generación de información permite el diseño de políticas públicas orientadas a atenuar los efectos adversos que conlleva la crisis climática y a definir acciones de mitigación, orientando a trazar una senda de desarrollo y crecimiento verde con economía bajas en carbono y que están basadas en la distribución equitativa e inclusión social, estando presente hoy y mañana de las futuras generaciones.

Finalmente, de manera general, según el sitio web de las naciones unidas (Naciones Unidas, 2023), el cambio climático es la crisis definitoria de nuestro tiempo, en lo particular coincido mucho con los términos, y aún más concuerdo que está pasando de manera rápida y acelerada a un ritmo de 9.81 m/s^2 ; pero estamos lejos de no poder hacer nada ante esta amenaza global y latente. (Naciones Unidas, 2023) subraya que el secretario general de las Naciones Unidas en turno, el Señor Antonio Gutiérrez, manifiesta que la humanidad está perdiendo la carrera de la emergencia climática, sin embargo, el Señor Gutiérrez también exterioriza que la carrera se puede ganar.

Para (Naciones Unidas, 2023), ningún rincón del mundo está exento de las desastrosas consecuencias de la crisis climática. Y que el aumento de la temperatura es la causa directa de la degradación ambiental, los desastres naturales, las condiciones meteorológicas extremas, la inseguridad alimentaria e hídrica, la disrupción económica, los conflictos bélicos y el terrorismo, así como también causa la aparición de las pandemias a nivel mundial. (Naciones Unidas, 2023) hace una observación directa relacionado a las variables que se encuentran alteradas como son: el nivel del mar sube, el ártico se derrite, mueren los arrecifes de coral, se acidifican los océano y arden los bosques, de igual manera en el escrito presentado en la web de la Naciones Unidas, se reflexiona que, no se puede seguir así, y que a medida que el costo exponencial de la crisis climática alcanza los niveles exorbitantes, es necesario emprender audaces acciones colectivas, para minimizar y armonizar con la vida de nuestro planeta.

Algo muy importante, es que la ciencia nos dice que la crisis climática es irrefutable, pero que también nos dice que no es demasiado tarde para refutar y detener su avance. La medición de los diferentes



parámetros, los diferentes modelos de medición, las tecnologías nuevas y eficientes, han contribuido a minimizar el impacto de la crisis climática, reduciendo las emisiones de gases netas para crear un mundo limpio. En muchos lugares, la energía renovable es la fuente de energía más barata y los coches eléctricos están a puntos de generalizarse, y que los modelos para el monitoreo de los fenómenos naturales están siendo cada día más efectivo, sin embargo, todas estas acciones no son lo suficiente para contrarrestar el impacto de la CRISIS CLIMATICA.

RESULTADOS

Informes enuncian que desde que dio inicio la industrialización se ha disparado la presencia del dióxido de carbono en la atmosfera, concluyendo que la principal fuente de combustión de combustibles es la principal razón del aumento del CO₂ en las últimas décadas, contribuyen a la producción del CO₂ los combustibles de origen fósiles como el carbón; la combustión de combustibles líquidos como la gasolina, el petróleo, el Diesel y el queroseno; y la combustión de combustibles proveniente de los gases como el gas natural.

También, cabe mencionar que el exceso de emisiones de CO₂, provoca que el porcentaje de CO₂ se haya disparado lo que provoca la contaminación del aire, y el tan nombrado calentamiento global y la acidificación de los océanos. Para el análisis de esta variable se hace uso de la información suministrada por <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2?anio=2021>, en el periodo de 1980 a 2021 totalizando 41 años de registros históricos de datos de emisiones de CO₂ fósil por cada país, recaudando magnitudes de 184 países de los diferentes continentes. Incluye fuentes de uso de combustible fósiles ya sea por quema o combustión, procesos industriales del cemento, acero, productos químicos y urea, además del uso de los productos.

En cuanto al índice climático de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO), en palabras propias, es quien domina la variabilidad del clima invernal en la región del atlántico norte la base de datos de esta variable es obtenida a partir de la web: <https://psl.noaa.gov/data/climateindices/list/>, en el periodo de 1980 a 2021 considerándose 41 años de registros históricos.

Siguiendo con la descripción, está la relación de la precipitación y la temperatura, de manera global es una aproximación tendencial lineal, para el caso se estudia la variabilidad de la precipitación y la temperatura de la estación aeropuerto de Managua, Nicaragua, en el periodo de 1980 al 2021 cada uno.

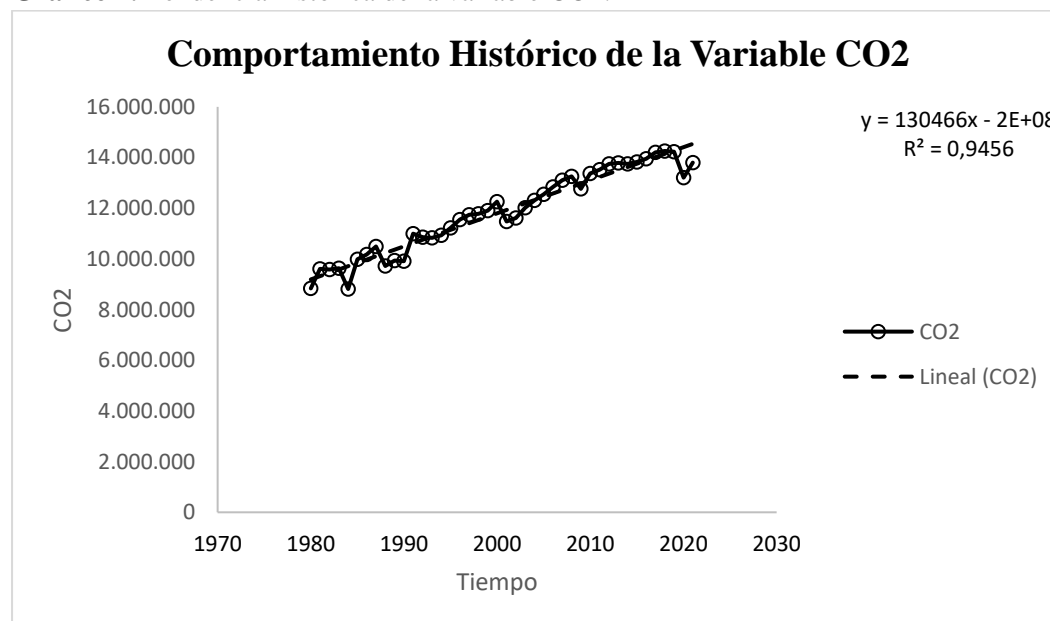


La base de datos es obtenida a partir de la información suministrada por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) en el periodo de 1980 a 2021, teniendo 41 años de registros históricos. Las variables se comparan y son correlacionadas con la variabilidad del CO2 y el índice climático NAO. La velocidad del viento es otra variable que es afectada por los cambios bruscos del clima, en este caso la información, base de datos de la velocidad del viento, es obtenida del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) para el periodo de 1980 a 2021, teniendo 41 años de registros históricos. De igual manera, la variable velocidad, se compara y es correlacionada con la variabilidad del CO2 y el índice climático NAO.

Comportamiento Históricos de cada Variable Estudiada

El resultado de cada una de las variables se manifiesta en el comportamiento históricos en los 41 años de estudios, que va desde 1980 al 2021. Los resultados se pueden mostrar en las siguientes graficas 1, 2, 3, 4 y 5.

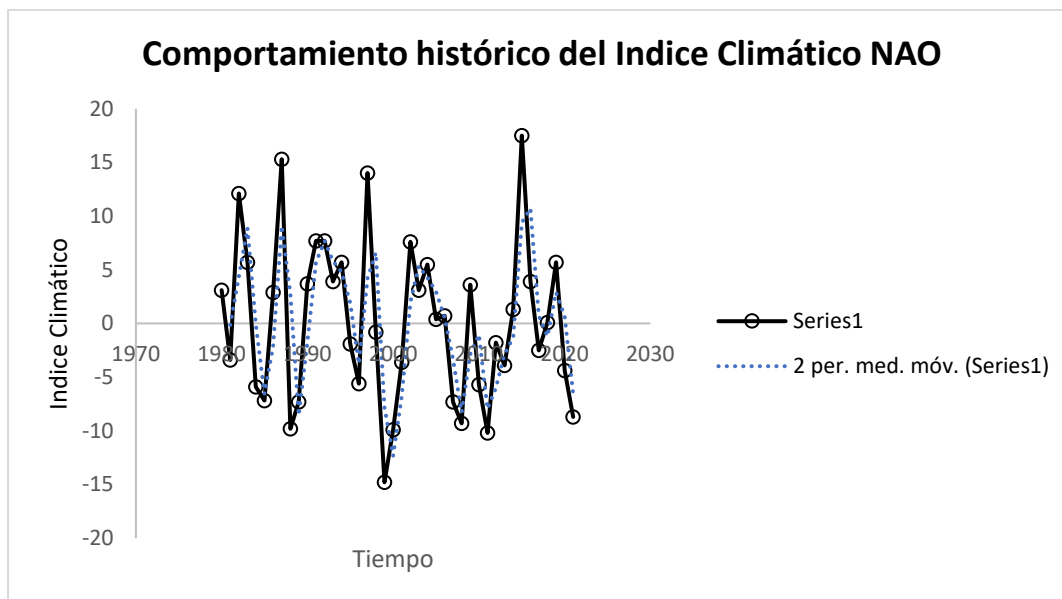
Gráfico 1. Tendencia histórica de la variable CO2.



Nota: la construcción de la gráfica, es a partir de las magnitudes obtenidos de la base de datos del CO2 de <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2?anio=2021>

La grafica 1, manifiesta un comportamiento lineal, con una correlación $R^2=0.94$, esto quiere decir, la contaminación por CO2 a nivel mundial crece de manera lineal y este aumenta de manera acelerada.

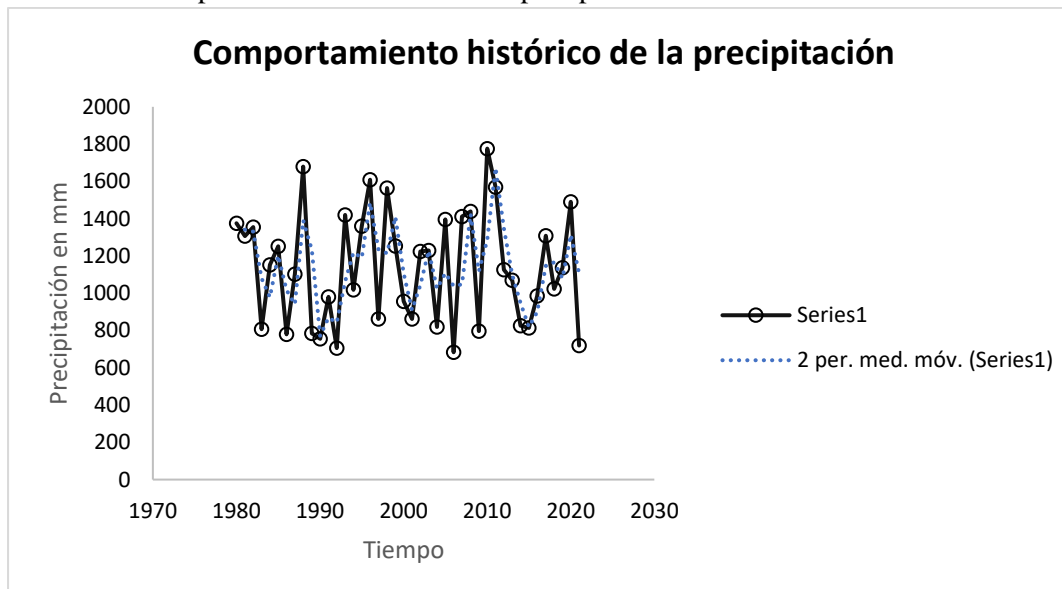
Gráfico 2. Tendencia histórica de la variable índice climático NAO.



Nota: la construcción de la gráfica, es a partir de las magnitudes obtenidos de la base de datos del índice climático NAO <https://psl.noaa.gov/data/climateindices/list/>.

El comportamiento de la variable índice climático, es a una media móvil de dos periodos, con movimiento de senoide desplazándose en el tiempo, con una magnitud histórica de manera variable en cada año.

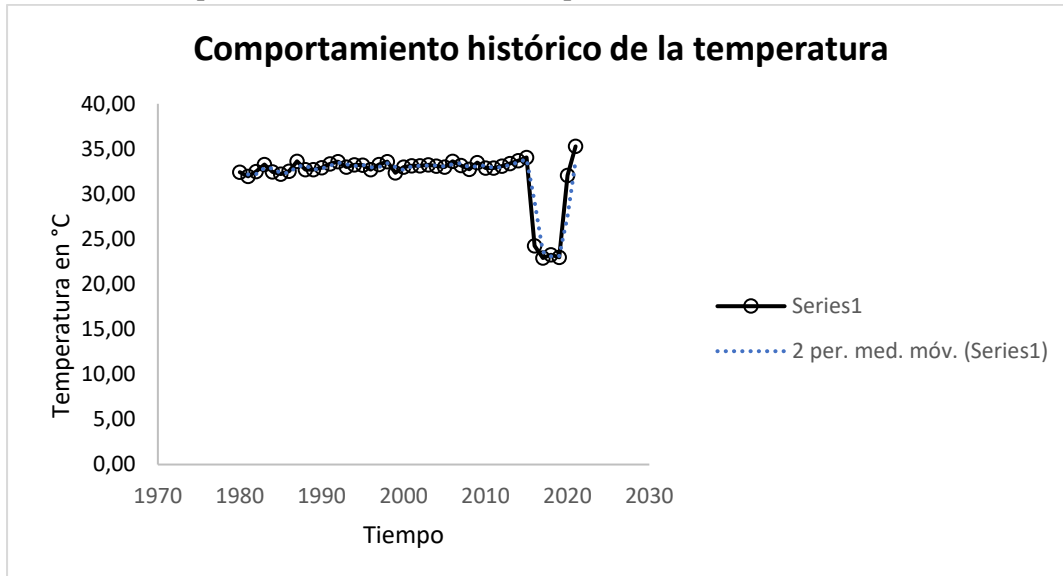
Gráfico 3. Comportamiento histórico de la precipitación en mm



Nota: la construcción de la gráfica, es a partir de las magnitudes obtenidas de la precipitación de la estación aeropuerto en Managua, Nicaragua.

El comportamiento de la variable precipitación, es a una media móvil de dos periodos, con movimiento de senoide desplazándose en el tiempo, con una magnitud histórica de manera variable en cada año.

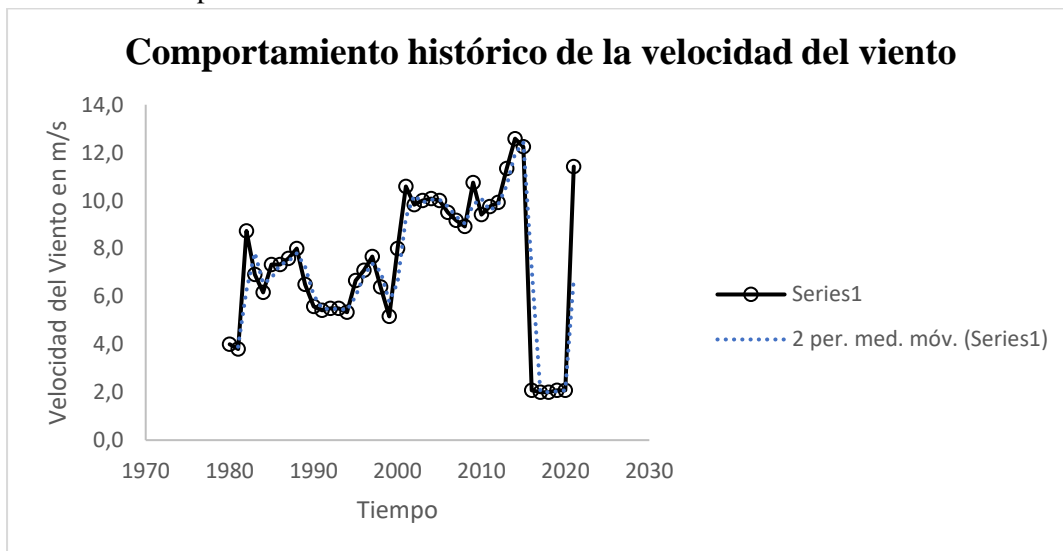
Gráfico 4. Comportamiento histórico de la temperatura



Nota: la construcción de la gráfica, es a partir de las magnitudes obtenidas de la base de datos de la temperatura de la estación aeropuerto Managua, Nicaragua.

El comportamiento de la variable temperatura, es a una media móvil de dos periodos, con movimiento de senoide desplazándose en el tiempo de manera positiva, con una magnitud histórica de manera variable en cada año.

Gráfico 5. Comportamiento histórico de la velocidad del viento en m/s

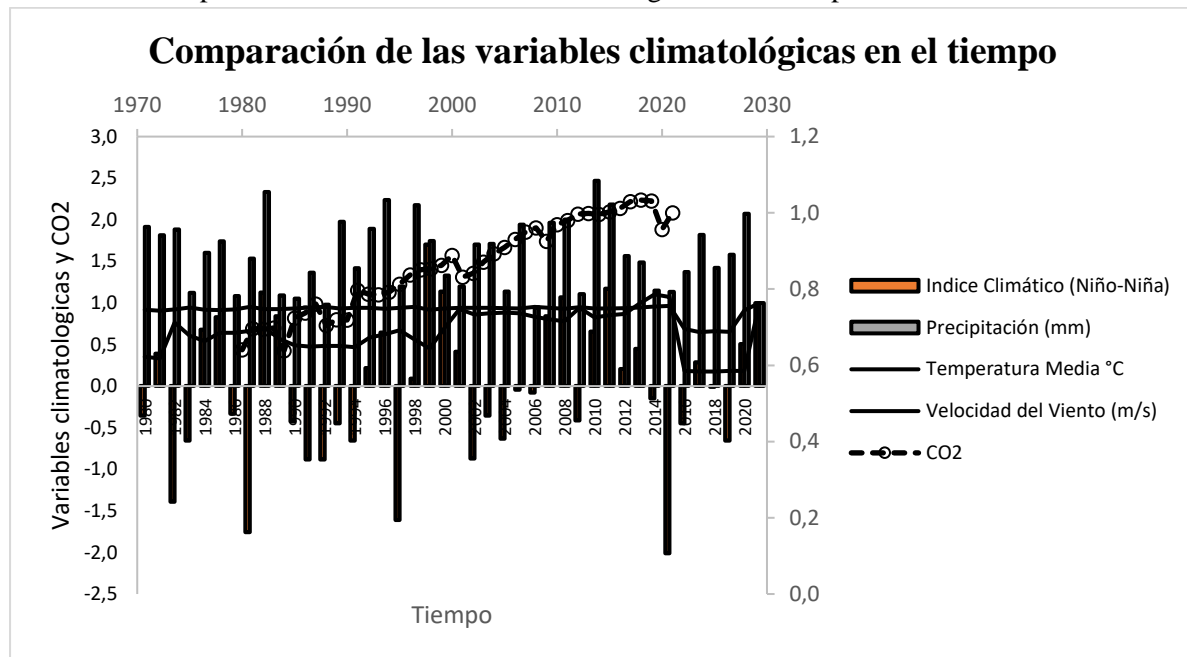


Nota: la construcción de la gráfica, es a partir de las magnitudes obtenidas de la base de datos de la velocidad de la estación aeropuerto de Mangua, Nicaragua.

El comportamiento de la variable velocidad del viento, es a una media móvil de dos periodos, con movimiento de senoide desplazándose en el tiempo de manera positiva, con una magnitud histórica de manera variable en cada año.

Se manera sintetizados, cada variable en un solo gráfico, como se presenta a continuación en el grafico 6, se observa un comportamiento lineal para la variable CO2 y para el resto de las variables una tendencia de media móvil, con movimiento sinusoidal y con dos periodos, se comparan con la variable CO2 y puede verse la incidencia que este tiene con las demás variables climatológicas.

Gráfico 6. Comportamiento de las variables climatológicas en el tiempo



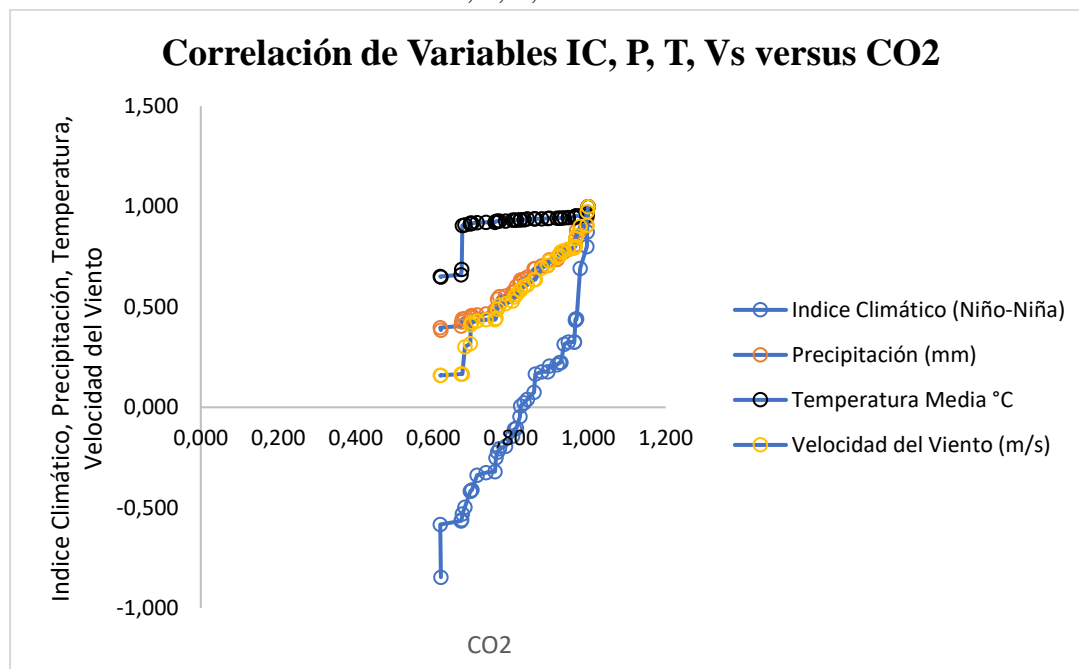
Nota: graficas de comportamiento histórico en el tiempo de las variables climatológicas comparado con el CO2 producido en cada año.

La tendencia lineal del CO2, corresponde a la línea base para comparar el comportamiento de las demás variables climatológicas estudiadas, se observa que la producción de CO2 de manera creciente, ocasiona una conducta sinuosa e inestables en tiempo y espacio, manifestándose en la variabilidad climática y presencia de los fenómenos naturales de gran magnitud, persistencia y repetición, sentidos por el hombre como amenaza y multiamenzas ocasionando desastres y catástrofes en el mundo.

Correlación entre Variables

Para la correlación entre variable, los datos de trabajo son el acumulado anual, luego cada dato se ordena de menor a mayor, se utiliza el modelo de Normalización Estadística, esto para cambiar los valores del conjunto de datos y poder usar una escala en común, sin distorsionar las diferencias en los intervalos de valores ni perder información, la escala estará entre -1, 0 y 1. Es a partir de la Normalización se prosigue a comparar para entender la correlación y la tendencia a la que más se aproxima. Ver gráfico 7.

Gráfico 7. Correlación de variables IC, P, T, Vs versus CO2



Nota: IC = Índice Climático, P= Precipitación, T= Temperatura, Vs= Velocidad del viento, y CO2 = Dióxido de Carbono

A continuación, se presenta tabla comparativa de la correlación de las variables con el CO2, ver tabla 1:

Tabla 1. Ecuación y correlación de las variables climatológicas con el CO2

Variables	CO2
Índice Climático	$y = 3.5691x - 2.96$ R2= 0.934
Precipitación	$y = 1.4461x - 0.5625$ R2=0.9621
Temperatura	$y = 0.4844x + 0.5079$ R2=0.4486
Velocidad del Viento	$y = 1.8935x - 1.063$ R2=0.9617

Nota: elaboración propia, (2023).

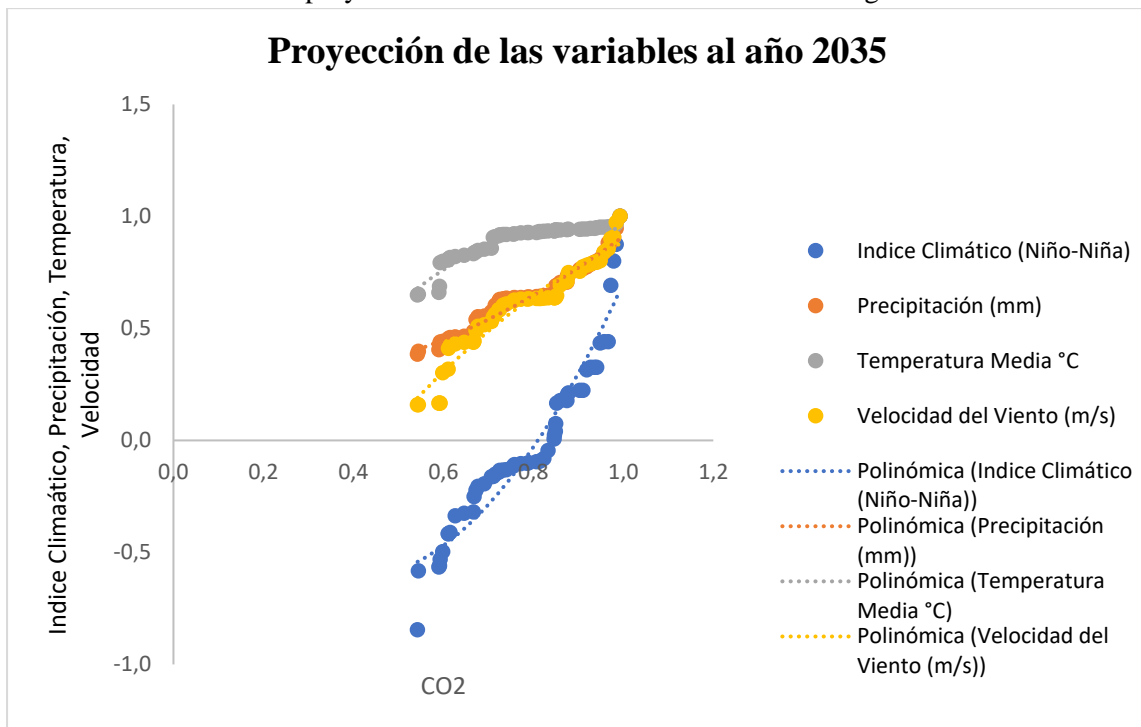
El gráfico 7 muestra la correlación que existe entre las variables climatológicas con la cantidad de CO2. En el caso del CO2 con el índice climático representa una correlación del 0.934 muy alta, significando que la tendencia lineal del CO2 en el tiempo influye en la variabilidad del índice climático; en relación del CO2 con la precipitación, representa una correlación del 0.9621 muy alta, significando que la

tendencia lineal del CO2 en el tiempo, influye de manera directa en la variabilidad de la precipitación; caso del CO2 con la temperatura, representa una correlación del 0.44 de media a bajo, significando que la tendencia lineal del CO2 influye moderadamente en la variabilidad de la temperatura; la correlación entre CO2 y la velocidad del viento, representa una magnitud del 0.9617 muy alta, significando que la tendencia lineal del CO2 en el tiempo, influye de manera directa en la variabilidad de la velocidad del viento.

Proyección de las Variables

A partir del año base 2021, se proyectaron las variables para el año 2035, teniendo 14 años de análisis. Ver gráfico 8.

Gráfico 8. Se muestra la proyección de las diferentes variables climatológicas versus el CO2 al 2035



Nota: IC = Índice Climático, P= Precipitación, T= Temperatura, Vs= Velocidad del viento, y CO2 = Dióxido de Carbono

A continuación, se presenta tabla comparativa de la proyección de cada variable versus el CO2, asociadas a una tendencia. Tabla 2.

Tabla 2. Ecuación y correlación de las variables climatológicas con el CO2 proyectada al 2035

Variables	CO2
Índice Climático	$y = -2.1399x^2 + 3.8637x - 0.7867$ R ² =0.9099
Precipitación	$y = 0.8162x^2 - 0.152x + 0.2468$ R ² =0.9505
Temperatura	$y = -1.237x^2 + 3.4278x - 1.3058$ R ² =0.9237
Velocidad del Viento	$y = 3.6562x^2 - 2.9205x - 0.0335$ R ² =0.9169

Nota: elaboración propia, (2023).

El gráfico 8 muestra la correlación que existe entre las variables climatológicas con la cantidad de CO2 proyectado al año 2035. En el caso del CO2 con el índice climático representa una correlación del 0.9099 muy alta, significando que la tendencia polinómica del CO2 en el tiempo influye en la variabilidad del índice climático; en relación del CO2 con la precipitación, representa una correlación del 0.9505 muy alta, significando que la tendencia polinómica del CO2 en el tiempo, influye de manera directa en la variabilidad de la precipitación; caso del CO2 con la temperatura, representa una correlación del 0.9237 muy alto, significando que la polinómica del CO2 influye de manera directa en la variabilidad de la temperatura; la correlación entre CO2 y la velocidad del viento, representa una magnitud del 0.9169 muy alta, significando que la tendencia polinómica del CO2 en el tiempo, influye de manera directa en la variabilidad de la velocidad del viento.

CONCLUSIONES

De acuerdo al desarrollo de la investigación, las principales variables que actualmente están vinculada directamente con el Cambio Climático son: el CO2, el índice atmosférico, la precipitación, la temperatura y la velocidad del viento. La correlación que existe entre los elementos climáticos de índice atmosférico, precipitación, temperatura y velocidad del viento versus el CO2, es muy alta, tanto en el comportamiento histórico como el comportamiento proyectado al 2035, su correlación se estima en 0.90, 0.95, 0.93 y 91 respectivamente

Los modelos matemáticos ocupados para manipular el análisis histórico y proyectado de las variables estudiadas: son los arreglos normales, esto asegura que los valores se puedan usar a una escala en común; luego se tiene el análisis de las variables históricas utilizando la tendencia lineal, quedando establecido las ecuaciones correlacionales; y finalmente se tiene el análisis de las variables proyectadas al año 2035 utilizando la tendencia polinómica. En ambas situaciones la relación directa de los gases de efecto invernadero principalmente el CO₂ está directamente relacionado con las variaciones de las variables en el tiempo, lo cual es un resultado muy preocupante porque ya no se puede hablar de cambio climático, sino de CRISIS CLIMATICA

En gran medida se requiere del cambio de paradigma de explotación de los recursos de nuestra madre tierra. Alertar de manera SOS hacia las grandes potencias, que hagan un uso razonable de la tecnología.

Y que las acciones sean conducidas a:

Construir ciudades resilientes y con bajo nivel de emisiones de carbono.

Aumentar la eficiencia energética y el uso de energía renovable.

Aplicar la agricultura inteligente en relación con el clima y cuidar los bosques.

Aumentar la cultura de reciclaje.

Planta un árbol.

Propiciar un programa de educación ambiental a nivel global.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CEPAL. (3 de Marzo de 2023). <https://www.cepal.org/es/temas/cambio-climatico/acerca-cambio-climatico>. Obtenido de

<https://www.cepal.org/es/temas/cambio-climatico/acerca-cambio-climatico>

del Olmo, W. (2022). Ideas para combatir el cambio climático. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 20-27.

Díaz Cordero, G. (2012). El Cambio Climático. *Ciencia y Sociedad*, 227-240.

ENDOLLA BARCELONA. (21 de Octubre de 2021).

<https://www.endolla.barcelona/es/noticias/espacio-eco/cambios-climaticos-presentes-y-pasados-el-mundo-hacia-donde->



020%20y%202024. Obtenido de <https://www.pactomundial.org/noticia/cual-es-el-estado-actual-del-cambio-climatico-en-el-mundo/#:~:text=En%20concreto%2C%20se%20estima%20que,comprendido%20entre%202020%20y%202024>.

Sanabria, J., Marengo, J., & Valverde, M. (2009). Escenarios de Cambio Climático con modelos reionales sobre el Altiplano Peruano (Departamento de Puno). *Revista Peruana Geo-Atmosférica RPGA*, 134-149.

Sanchez Vega, M. (2008). La capa de ozono. *Revista Biocenosis*, 65-68.

Toro Valencia, V., Mosquera, W., Barrientos, N., & Bedoya, Y. (2019). Circulación oceánica del golfo de Urabá usando campos de vientos de alta resolución temporal. *Boletín científico CIOH*, 41-56.

Yañez-Arancibia, A., Twilley, R., & Lara-Domínguez, A. L. (1998). Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global. *Madera y Bosques*, 3-19.

