

Factores determinantes en las emisiones de CO₂ en Colombia originados por la explotación del carbón



Determining factors in CO₂ emissions in Colombia caused by coal exploitation

González-Vergel, M. S; Carvajal-Rodríguez, J.C.; Núñez-Rodríguez, J.J.; Marinero'Orantes, E. A.

 M. S González-Vergel
Ma.gonzalez@mail.udes.edu.co
Universidad de Santander UDES., Colombia

 J.C. Carvajal-Rodríguez
jul.carvajal@mail.udes.edu.co
Universidad de Santander UDES., Colombia

 J.J. Núñez-Rodríguez
jo.nunez@mail.udes.edu.co
Universidad de Santander UDES, Colombia

E. A. Marinero'Orantes
edgar.marinero@ues.edu.sv
Universidad de El Salvador, El Salvador

Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua
ISSN-e: 2410-7980
Periodicidad: Semestral
vol. 9, núm. 17, 2023
czuniga@ct.unanleon.edu.ni

Recepción: 09 Febrero 2023
Aprobación: 28 Junio 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/394/3943882007/>

DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v9i17.15496>

Autor de correspondencia: jul.carvajal@mail.udes.edu.co

Copyright (c) 2023 Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NonComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Resumen: **Antecedentes:** El cambio climático es generado por la emisión de gases efecto invernadero como el dióxido de carbono CO₂ entre otros. El estudio se focalizó en identificar los factores determinantes que tienen incidencia en estas emisiones. **Metodología:** La metodología aplicada se basa en el criterio cualitativo y cuantitativo que utiliza la investigación documental basada en fuentes secundarias de información relacionadas con los factores de Kaya, el desempeño del carbón en Colombia y los resultados de estas emisiones a nivel mundial y nacional, que señalan un aumento de CO₂. **Resultados:** Colombia, en el período 2012-2021 aumentó las emisiones totales de CO₂ a la atmósfera un 10%, así como el comportamiento de sus emisiones por habitante aumentaron en la última década, aunque, durante el mismo período de tiempo, Colombia presenta una leve reducción en lo que se refiere a emisión de CO₂ por cada 1.000\$ US de PIB. **Conclusion:** se puede afirmar que el sector productivo debe evaluar su capacidad de balancear los aspectos sociales, económicos y ambientales, es decir su sustentabilidad, mediante planes de manejo ambiental, además de su capacidad productiva.

Palabras clave: Índice de carbonización, intensidad energética, ingreso per cápita, población, efecto invernadero.

Abstract: **Background:** Climate change generated by the emission of greenhouse gases such as carbon dioxide CO₂ among others. The study focused on identifying the determining factors that have an impact on these emissions. **Methodology:** The applied methodology based on the qualitative and quantitative criteria used by documentary research based on secondary sources of information related to the Kaya factors, the performance of coal in Colombia and the results of these emissions at a global and national level, which indicate an increase in CO₂. **Results:** Colombia, in the 2012-2021 period, increased total CO₂ emissions into the atmosphere by 10%, as well as the behavior of its per capita emissions increased in the last decade, although, during the same period, Colombia presents a slight reduction in terms of CO₂ emissions per US \$1,000 of GDP. **Conclusion:** it can be affirmed that the productive sector must evaluate its ability to balance social, economic and environmental aspects, that is, its sustainability, through

environmental management plans, in addition to its productive capacity.

Keywords: Carbonization rate, energy intensity, per capita income, population, greenhouse effect.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad sobrevivir en el planeta Tierra es cada vez más complejo, dado que la sobrevivencia humana está amenazada con motivo del cambio climático y la degradación del medio ambiente, fenómenos que se manifiestan con un aumento en el uso y escasez del petróleo, escasez de agua, contaminación de los océanos, la extinción de animales y plantas, la deforestación, el calentamiento global y el cambio climático, reflexión que ha dado origen al presente artículo que tiene como propósito identificar los factores determinantes que tienen incidencia en estas emisiones.

La metodología aplicada se basa en el criterio cualitativo y cuantitativo, desarrollada a través de la investigación documental basada en fuentes secundarias de información relacionadas con los factores de Kaya, el desempeño del carbón en Colombia y los resultados de estas emisiones a nivel mundial y nacional, los cuales señalan un aumento de CO₂ en la última década el cual debe controlarse a través de la medición de factores como Índice de carbonización, intensidad energética, ingreso per cápita y población con el propósito de emprender acciones tendientes a la mitigación y reducción de estas emisiones que están generando un cambio climático que afecta el medio ambiente, análisis que aparece en las siguientes secciones:

En la primera sección se exponen los temas relacionados con el cambio climático y los factores determinantes que originan las emisiones de CO₂ de acuerdo a la ecuación de Kaya; en la segunda sección aparecen los análisis del desempeño de la explotación de carbón en Colombia y en la tercera sección se pueden apreciar los resultados sobre emisiones de CO₂ a nivel mundial y nacional

Finalmente es importante resaltar algunas conclusiones contenidas en el artículo y que se refieren a las prolongadas precipitaciones, aumento de la temperatura, períodos largos de sequía, cambio de dirección de los vientos, deshielo en los polos, cambios en las migraciones de los animales, tormentas, ciclones, maremotos y aumento del nivel del mar, son manifestaciones del cambio climático y que la principal actividad del ser humano que emite CO₂ es la combustión de combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo) para generar energía, especialmente por el sector de transporte y algunos procesos industriales y cambios en el uso de la tierra también emiten este gas.

METODOLOGÍA

El método cualitativo es aplicado en la investigación dado que se interpreta la realidad estudiada a través de las personas involucradas en el trabajo, teniendo en cuenta que “los planteamientos cualitativos están enfocados en profundizar en los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.376), proceso que permite comprender la situación del carbón frente al cambio climático en Colombia con base a resultados verificables obtenidos en tres fases: “Fase de selección del tema; fase exploratoria y fase de conclusión: análisis e informe” (Báez, 2014 p.25).

El criterio cualitativo es percibido dentro de la perspectiva de la fenomenología, dado que contempla el desempeño del carbón y el cambio climático como fenómenos estudiados de manera que la descripción

NOTAS DE AUTOR

jul.carvajal@mail.udes.edu.co

fenomenológica se basa en las vivencias dentro de un plan discursivo y reflexivo, como elementos que incorpora la metodología cualitativa, conforme lo señala Rusque (2003).

Complementando lo anterior, el artículo además aplica el método cuantitativo durante el proceso mediante la aplicación de técnicas estadísticas; este enfoque cuantitativo “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (Hernández *et.al.*, 2014, p. 4).

En este orden de ideas, el Diseño de la investigación se basa en la Investigación Documental como un primer nivel de conocimiento que se desarrolla con el propósito de familiarizar a la investigadora con el fenómeno que se estudia, mediante la revisión bibliográfica de las fuentes secundarias de información relacionadas con los temas del carbón y el cambio climático; además, con criterio Descriptivo “utiliza el método de análisis, se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades” (Gabriel-Ortega, 2017, p.146), lo cual se fundamenta en un proceso que permite identificar y analizar las variables más significativas y factores determinantes en las emisiones de CO₂ Mendez (2007).

EL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático manifestado a través del calentamiento global son evidencias que están caracterizando el ámbito en el que se desarrollan las actividades humanas y los intercambios económicos en la actualidad, que están generando emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), de acuerdo con Frohmann y Olmos (2013); fenómeno que en América Latina y específicamente en países como Colombia, ya muestran indicios percibidos en sequías, deshielos, inundaciones y fenómenos climáticos extremos, según la fuente citada; ante estas precisiones, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)# manifiesta que la región debe preservar la calidad y los servicios que prestan los recursos naturales y el medio ambiente para asegurar la sostenibilidad; mediante la descarbonización para reducir los gases de efecto invernadero mediante el desarrollo del hidrógeno verde, la energía solar o la energía eólica, para cumplir con las metas del Acuerdo de París y mantener al planeta en situación de sostenibilidad ambiental, CEPAL (2022).

Dicho de otro modo, según el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático IPCC (2014), citado en Milán y Zúniga (2021, p.02) ha afirmado: “El calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado”.

A las anteriores consideraciones se suma que la ocurrencia de desastres naturales provoca una profunda alteración en las comunidades afectadas dado sus consecuencias evidenciadas en los daños sobre la infraestructura, que incluyen la destrucción de redes de transporte o electricidad, hospitales, escuelas e instalaciones productivas, entre otros, conforme lo señala González (2021).

Es importante señalar que el término sustentabilidad según Khan, I.S., Ahmad, M.O., y Majava, J. (2021), citados en Figueroa *et al.* (2022); se refiere a las diferentes actividades desarrolladas en el ámbito empresarial global cuya característica es concebir de forma positiva las dimensiones económicas, ecológicas y sociales, propiciando, de esta manera, el éxito sostenido de las entidades organizacionales al lograr atender las necesidades de cada una de las partes interesadas (trabajadores operativos/directivos, inversionistas y sociedad en general), de acuerdo a la fuente citada.

Cabe señalar que Colombia es un país con alta vulnerabilidad en materia de los efectos del cambio climático, fenómeno que representa un alto riesgo para el desarrollo sostenible dado el aumento de las emisiones tóxicas, lo que constituye una amenaza para la humanidad que requiere de esfuerzos de todas las naciones, sector productivo y comunidad en general para la solución de este problema, de acuerdo con

Cancillería de Colombia (2021); es de especial importancia definir el clima, como un conjunto de elementos y factores atmosféricos y meteorológicos que caracterizan una región y, que determinan condiciones ecológicas propias, según Mendoza de Armas y Jiménez (2017); este factor es afectado principalmente por la agroindustria en general que produce grandes cantidades de residuos, como menciona Vargas y Pérez (2018), citado en García *et al.* (2022), además, la generación de subproductos o residuos agroindustriales en las diferentes etapas de los procesos productivos es actualmente una problemática a nivel mundial, debido a que en la mayoría de los casos no son procesados o dispuestos adecuadamente, situación que contribuye al proceso de contaminación ambiente, según la fuente citada.

Las reflexiones anteriores evidencian que las complejas relaciones existentes entre el Medio Ambiente y los procesos biológicos y otros que se desarrollan constantemente, son temas que preocupan cada vez más dado el impacto que ello representa para la supervivencia de la vida en el planeta, conforme lo manifiestan Sierra-Figueroa *et al.* (2015).

A título ilustrado, conviene señalar que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su Artículo 1, define el cambio climático como: "cambio del clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial, y que viene a añadirse a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables", citado en Frohmann y Olmos (2013), cambio climático acontecido durante las últimas décadas que se ha manifestado en un calentamiento global dado los aumentos graduales de las temperaturas en el planeta, a causa de la acumulación de gases atrapados en la atmósfera, lo que se denomina efecto invernadero.

En este sentido, los gases de efecto invernadero (GEI) absorben la radiación que emite la Tierra y atrapan el calor, impidiendo que la energía se traslade al espacio, permaneciendo en la atmósfera durante mucho tiempo, por lo que se prevé que el cambio climático seguirá afectando a los sistemas naturales del planeta durante varios siglos, aun cuando las emisiones de dichos gases se redujeran considerablemente en el futuro próximo, conforme lo señalan Frohmann y Olmos (2013); es importante precisar que los indicadores sociodemográficos, socioeconómicos y socio ambientales mundiales en promedio reflejan que cada vez hay mayor ineficiencia e ineficacia en la distribución de los ingresos entre los agentes económicos y actores sociales, así como mayor contaminación, extinción de la fauna y flora y una mayor sacralización de categorías reduccionistas y deterministas como el "mercado", la "competitividad", el "individualismo", la "libertad económica" y la "competencia", entre otros conforme lo señalan Gómez y Barbosa (2022).

Los principales gases de efecto invernadero (GEI) y otros elementos, son el Dióxido de carbono CO₂. Combustibles fósiles (CF), deforestación, cemento, Metano CH₄. Rellenos sanitarios, fermentación entérica, arroz, Óxido nitroso N₂O fertilizantes, fibras sintéticas, estiércol, Hidrofluorocarbonos, Gases refrigerantes, fundición de aluminio, producción de semiconductores, Perfluorocarbonos, Producción de aluminio, producción de semiconductores y Hexafluoruro de azufre, entre otros, de acuerdo a Frohmann y Olmos (2013). Es importante resaltar que las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) son las que más contribuyen al cambio climático, estos aumentaron a un ritmo del 2,6% anual y que equivalen a 34.000 millones de toneladas en 2011, aumento causado por el uso de combustibles de origen fósil y también, aunque en menor medida, a los cambios en el uso de la tierra que resulta, por ejemplo, de la deforestación, según la fuente citada.

Actualmente la emisiones de CO₂, en el mundo alcanzan un total de 34'344.006 de toneladas, de las cuales China participa en un 33% y Estados Unidos en un 15%; en Colombia estas emisiones son de 81.040 millones de toneladas, según Banco Mundial (2022), al respecto, es de destacar que la principal fuente de emisiones de CO₂ es la quema de carbón que representa el 40% de lo expulsado; la mayoría de países anteponen lo económico sobre el cuidado del medioambiente, según FAO y PNUD, (2016), citados en Barahona *et al.* (2022)

En otras palabras, el incremento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera es ocasionada por el uso de combustibles fósiles como fuente energética que genera el efecto invernadero como

causa del calentamiento global; por consiguiente de acuerdo a la precisión anterior, es de gran utilidad analizar la relación entre las emisiones de CO₂ y la dinámica en el uso de los combustibles fósiles, según Gutiérrez, Medellín y Ábrego (2016); este análisis de la variación de las emisiones de CO₂ aplica la metodología basada en la ecuación de Kaya, la cual sugiere que las mismas se pueden descomponer en cuatro factores determinantes tales como:

- Intensidad de carbonización de la energía o índice de carbonización, que son las toneladas de CO₂ generadas en el sector manufacturero en función de la energía (E) consumida por el uso de combustibles en el ramo (toneladas de CO₂ por cada barril equivalente de petróleo, (BEP)

- E/PIB representa la intensidad energética en función de la renta económica, en este caso es la cantidad de energía requerida para producir mil unidades del PIB del sector manufacturero (BEP por cada 1,000 pesos de PIB).

- PIB/P, es la renta económica per cápita del sector (miles de pesos por habitante); y P es la población (número de habitantes en el estado).

Los factores determinantes anteriores que miden la variación de CO₂ se relacionan en la ecuación del matemático japonés Kaya, expresada a continuación ecuación 1:

$$CO_2 = CO_2/E \times E/PIB \times PIB/p \times p \quad \text{[Ecuacion 1]}$$

Dicho de otro modo, según la ecuación de Kaya, las emanaciones nacionales de CO₂ se descomponen en el producto de cuatro factores determinantes: el índice de carbonización, la intensidad energética (E), el PIB per cápita, y el tamaño de la población, de acuerdo con Gutiérrez, Medellín y Ábrego (2016).

Es importante comprender la relación entre las áreas urbanas y la ocurrencia de eventos climáticos y su volatilidad, de índole puntual o de tendencia de largo plazo, es el consumo de energía ya sea para el bombeo de agua potable, el manejo de plantas de tratamiento de aguas residuales, el transporte de mercancías, el manejo de aire acondicionado, calefacción y su relación con la construcción de infraestructura urbana resiliente y el diseño de bienes de vida de larga duración como edificios y casas según Olivera S. M., (2017), citado en Olivera, Sazcha *et al.* (2020).

Frente a las anteriores precisiones se requiere de una evaluación de las alternativas que ofrecen los recursos específicos y la validación de tecnologías para mejorar los modelos de predicción del cambio climático, en cuanto a la mejora de la productividad y la eficiencia de los sistemas de producción agropecuarios y forestales, es un reto para la comunidad científica, conforme lo manifiestan Sierra *et al.* (2015).

La metodología basada en la ecuación de Kaya apareció en el Protocolo de Velázquez de Castro González (2005) para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que causan el calentamiento global, es un instrumento para poner en práctica lo acordado en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, conforme lo manifiesta el Gobierno de México a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2016).

Frente al reto anterior, es significativo considerar que los hallazgos indican que no existe un efecto de reducción de emisiones para los gases estudiados, no obstante, la evaluación del Protocolo de Kioto prevé una serie de complicaciones que dependen del enfoque econométrico que se emplee, se concluye que el resultado al respecto es un efecto nulo del Protocolo de Kioto, de acuerdo a Rosado-Anastacio (2018).

DESEMPEÑO CARBONÍFERO COLOMBIANO

El carbón para Colombia representa el mineral de significativa presencia en la dinámica social, económica y ambiental, actividad minera que ha sido fundamental por sus contribuciones al desarrollo de las regiones productoras, como por su participación en la matriz energética nacional y su uso como insumo en la industria,

conforme lo señala Minminas (2022), es así que la Agencia Nacional de Minería (ANM) y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) responsable de los Estudios de Impacto Ambiental, trabajan coordinadamente con el propósito de caracterizar las zonas carboníferas en cuanto a sus infraestructuras, de acuerdo con Nueva Minería y Energía (2022).

En otras palabras, el uso intensivo de la energía basada en la quema de combustibles de origen fósil -como el petróleo, carbón y gas- ha sido uno de los principales insumos del desarrollo socio económico durante varias décadas, tanto en países desarrollados como en desarrollo, sin embargo, el aspecto negativo asociado al consumo de este tipo de combustibles son las emisiones de gases efecto invernadero (GEI, por sus siglas en inglés), según International Energy Agency [IEA], 2018.

De acuerdo a estas precisiones, es importante resaltar que entre 2012 y 2020, la producción anual de Colombia promedió 83,9 millones de toneladas, según Minminas (2022), resultados que colocan al país como el principal productor de carbón en América Latina, el 11° a nivel mundial y el 5° mayor exportador de carbón del mundo, de acuerdo a la fuente citada, sin embargo, en 2020, la producción cayó un 42% a causa de la pandemia mundial por Covid-19, con una producción nacional de 49,5 millones de toneladas, de acuerdo con Minminas (2022)

Los resultados anteriores reflejan un PIB del carbón equivalente al 1% del producto interno bruto (PIB) nacional, el 16% de las exportaciones de Colombia, en 2019, pagó cerca de 600 mil millones de pesos en impuesto de renta, 1,9 billones de pesos en regalías y generó 130.000 empleos. según Minminas (2022)

De acuerdo con el reporte de Estadísticas de Energía Mundial 2020, citado en Minminas (2022) el país cuenta con el 53% de las reservas probadas de carbón de Latinoamérica y el 0,6% de las reservas probadas mundiales de este mineral, según la Agencia Nacional de Minería (ANM), citada por Minminas (2022), Colombia cuenta con 1.586 millones de toneladas de reservas de carbón, que le permitirían mantener su producción por al menos 20 años.

En este orden de ideas, merece la pena señalar que, de la producción nacional de carbón, el 59% proviene del Cesar, 37% de La Guajira, y el 4% restante corresponde a los departamentos del interior del país como Boyacá, Cundinamarca, y Norte de Santander, según Minminas (2017): esta producción continúa en ascenso, con aumento del 3% anual, de acuerdo a la fuente citada.

La Agencia Nacional de Minería (ANM) es la responsable del control y evaluación de la actividad minera del carbón a través del programa “Carbón Colombia”, según ANM (2022), bajo tres frentes: Legal “Carbón Colombia” pretende que solo se compre carbón de origen legal es decir con Plan de Trabajos y Obras PTO/PTI e instrumento ambiental: **Limpio**, la ANM busca que solo se comercialice el carbón que sea ambientalmente limpio, o sea, que cuente en su explotación con permiso ambiental y buenas prácticas en ese aspecto y **Seguro**, una industria donde prime la vida y la seguridad minera, donde se respete y se aplique lo establecido por el Gobierno Nacional en el decreto 1886 de 2015, de acuerdo a la fuente citada.

Adicionalmente, existe evidencia de agotamiento de los recursos naturales, de reducción de las reservas del petróleo y sus derivados como se ha evidenciado en los impactos por el cambio climático, según FAO (2017), citado en Gómez-Rodríguez (2021), fenómeno que es una realidad en el caso del carbón.

Ante las precisiones anteriores Chomsky (2017), citado en Carvajal-Rodríguez; Núñez-Rodríguez; Araque-Pérez, (2021, p.04), señala que “Mediante planes de manejo de sus recursos naturales, conocimientos ancestrales, y sobre todo a través de la defensa de su territorio frente a empresas extranjeras que extraen y vacían sus suelos de los recursos naturales latinoamericanos: minerales, aceite de palma, agua, tierras”.

Es de vital importancia destacar que el bosque nativo representa para las localidades y las comunidades un valor socioeconómico fundamental debido a que muchas comunidades desempeñan su vida en forma directa e indirecta a través de la utilización del bosque, teniendo en cuenta que el sector forestal y foresto industrial protagoniza la participación de manufacturas de origen industrial en la canasta exportadora, conforme lo señalan Gevared y Odenavia (2020)

Conviene señalar que en el país opera el Observatorio Agropecuario del Cambio Climático (OACC), definido como una herramienta científica- tecnológica de monitoreo in situ de los comportamientos de las variables climatológicas, ambientales, productivas, económicas y sociales a lo largo de los tres paisajes fisiográficos de la entidad, con el propósito de construir indicadores pertinentes que contribuyan a la toma de decisiones de los actores beneficiarios del Observatorio, según Núñez y Carvajal (2020).

RESULTADOS

La aparición de cambios climáticos a causa de las emisiones de gases de efecto invernadero que generan calentamiento global es una realidad, estas emisiones de gases de efecto invernadero alcanzarán su punto máximo antes de 2025, y se reduzcan en un 43% para 2030, conforme lo señala Naciones Unidas (2022); a nivel mundial, los países desarrollados son los que más emiten CO₂. En 2021 China emitió 12.466,316 megatoneladas, es el país que más ha contaminado con sus emisiones y 8.73 toneladas por habitante ese año y Estados Unidos 4.752,079 megatoneladas en 2021 y 14.24 toneladas por habitante ese año es el segundo país por emisiones de estos gases, según datos de Expansion (2021), con la anterior reflexión, se evidencia una relación proporcional entre desarrollo industrial y generación de gases de efecto invernadero, que tiene una de sus mayores manifestaciones en el calentamiento global y la pérdida de biodiversidad, particularmente grave a nivel mundial, de acuerdo con Samaniego, Sánchez y Alatorre (2022).

Las emisiones totales de CO₂ a la atmósfera han aumentado en Colombia un 10% en la última década pasando en 2012 de 70.812 megatoneladas a 77.570 megatoneladas en 2021, de acuerdo con Expansión (2021), teniendo en cuenta los factores determinantes como el índice de carbonización, el Producto Interno Bruto (PIB) y la Población, como se aprecia en la tabla 1:

TABLA 1
Colombia Emisiones de CO₂

Fecha	CO ₂ Totales Mt	CO ₂ Kg/1000\$	CO ₂ t per cápita
2021	77,570	0,10	1,53
2020	73,035	0,11	1,45
2019	83,439	0,11	1,67
2018	80,348	0,11	1,62
2017	76,664	0,11	1,56
2016	84,110	0,12	1,73
2015	81,173	0,12	1,68
2014	80,129	0,12	1,68
2013	78,081	0,13	1,65
2012	70,812	0,12	1,51

Expansión, (2021), Colombia, Emisiones de CO₂

Se observa que el comportamiento de las emisiones de CO₂ por cada 1.000 dólares del PIB, Colombia, ha emitido 0,1 kilos por cada 1.000\$ US de PIB, una cifra menor que en 2012 y finalmente el comportamiento de sus emisiones por habitante han aumentado en la última década de 1,51 toneladas por habitante en 2012 a 1.53 toneladas por habitante en 2021, según Expansión, (2021b); es importante resaltar que a 2019 los países no consiguieron poner freno al aumento de emisiones mundiales de GEI, lo que conlleva que ahora se necesiten reducciones más drásticas y en menos tiempo, de acuerdo con PNUMA, (2020); a estas afirmaciones se agrega que en investigaciones recientes se ha observado que el nivel del mar se elevó cuatro metros por siglo, según Webster (2004), citado en Tovar, Vázquez y Villanueva (2022).

Cabe señalar que eventos hidrometeorológicos y geológicos reportan como causantes de grandes desastres sociales y económicos, algunos de los cuales indudablemente incidieron en los volúmenes de producción agrícola en general y en particular en las cosechas cafeteras, de acuerdo con Sierra-Figueredo *et al.* (2021).

En este orden de ideas, una de las alternativas para tener en cuenta es la utilización de bioinsumos, los cuales han tenido un impacto positivo sobre el manejo de los agroecosistemas productivos; según Reyes (2011), citado en Artola *et al.* (2020); Los bioinsumos son productos elaborados a partir de organismos benéficos como insectos, hongos, bacterias y virus, o bien a extractos de plantas; la ventaja de estos productos es que no dejan residuos en el agua, el aire, el suelo o en los productos alimenticios y tampoco ponen en peligro la salud de los agricultores y consumidores, de acuerdo a la fuente citada.

Finalmente, es de gran importancia manifestar que las acciones de índole económica y social que desarrolla la humanidad han incidido en la modificación de su entorno, con el propósito de satisfacer sus necesidades básicas de alimentación, vivienda y servicios básicos; causando cambios en el ambiente a consecuencia de alterar las características físicas, químicas y biológicas del suelo, la vegetación y hábitat de la fauna silvestre, de acuerdo con García *et al.* (2020).

CONCLUSIONES

Las prolongadas precipitaciones, aumento de la temperatura, períodos largos de sequía, cambio de dirección de los vientos, deshielo en los polos, cambios en las migraciones de los animales, tormentas, ciclones, maremotos y aumento del nivel del mar, son manifestaciones del cambio climático.

La principal actividad del ser humano que emite CO₂ es la combustión de combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo) para generar energía, especialmente por el sector de transporte y algunos procesos industriales y cambios en el uso de la tierra también emiten este gas.

El sector productivo que produce y comercializa bienes y servicios debe evaluar no sólo su capacidad productiva, sino también su capacidad de balancear los aspectos sociales, económicos y ambientales, es decir su sustentabilidad, mediante planes de manejo ambiental.

Las emisiones totales de CO₂ a la atmósfera han aumentado en Colombia un 10% en la última década, lo que se traduce en que el país ha emitido 0,1 kilos por cada 1.000\$ US de PIB y las emisiones por habitante han aumentado en la última década de 1,51 toneladas por habitante en 2012 a 1.53 toneladas por habitante en 2021.

Las emisiones de CO₂ que generan efecto invernadero están afectadas principalmente por la explotación de carbón, material no renovable que afecta la flora, la fauna y las vertientes de los ríos, entre otras. Con esto, lo que se sugiere es que uno de los propósitos en la reducción de los GEI sea el de controlar las emisiones de dichos gases para su posterior reducción, mediante la identificación de las ineficiencias productivas y riesgos vinculados al cambio climático, vinculando al sector productivo en esta práctica.

Los retos del cambio climático para el siglo XXI tienen relación con la mitigación de los gases de efecto invernadero, el cambio de energía fósil por energía renovable mediante generación de energía a partir del sol y del aire, adopción de políticas estatales en esta materia, cambiar los patrones de uso de la energía e implementar el uso de tecnologías para afrontar el cambio climático.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Nacional de Minería. (2022). Carbón Colombia. Recuperado el 15 de marzo de 2023, de <https://www.anm.gov.co/?q=carbon-colombia>
- Artola-Díaz, A. J., Duarte-Herrera, M. A., Raudez-Centeno, D., & Estrada-Santana, D. C. (2020). Efecto de bioinsumos en la dinámica poblacional de *Bemisia tabaci* (GEN) *Liriomyza* spp, EN EL cultivo de tomate

- (*Solanum lycopersicum*, L), San Isidro 2017-2018. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático*, 6(12), 1456–1480. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v6i12.9932>
- Báez y Pérez de Tudela, J. (2014). El método cualitativo de investigación desde la perspectiva de marketing: el caso de las universidades públicas de Madrid (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Banco Mundial (2022), *Emisiones de CO₂*. Recuperado el 15 de febrero de 2023 de <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.KT>
- Barahona Mejía, V. D., Garmendia, Y. Y., Villalta Pineda, K. G., & Aguilar- Garcia, . J. A. (2022). Efectos del Cambio Climático en Centroamérica. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático*, 8(16), 2018–2028. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v8i16.15227>
- Cancillería de Colombia (2021), *Cambio Climático*. Consultado el 15 de febrero de 2023 de <https://www.cancilleria.gov.co/cambio-climatico>.
- Carvajal-Rodríguez, J. C., Núñez-Rodríguez, J. de J., & Araque-Pérez, C. E. (2021). Retos de la bioética frente a los nuevos escenarios del cambio climático. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático*, 7(14), 1595–1601. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i14.12486>
- CEPAL. (2022). Panel de Alto Nivel en la IV Cumbre de Hidrógeno Verde: Transición energética para un cambio estructural en América Latina y el Caribe. Recuperado el 2 de marzo de 2023 de <https://www.cepal.org/es/eventos/panel-alto-nivel-la-iv-cumbre-hidrogeno-verde-transicion-energetica-un-cambio-estructural>
- Expansión, (2021). *Colombia, Emisiones de CO₂*. Recuperado el 3 de marzo de 2023 de <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/colombia>
- Figuroa-Ugalde, J. H., Lagarda-Leyva, E. A., & Celaya-Figuroa, R. . (2022). Fundamentos de la sustentabilidad en la bioeconomía y su relación con las teorías administrativas. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático*, 8(15), 1806–1821. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v8i15.14183>
- Frohmann, A., & Olmos, X. (2013). Huella de carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático. CEPAL, Santiago de Chile, Chile.
- Gabriel-Ortega, J. (2017). Cómo se genera una investigación científica que luego sea motivo de publicación. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 8(2), 145-146.
- García Hernández, M., Pérez Magaña, A., Martínez Corona, B., & Gutiérrez Villalpando, V. (2020). Cambio de uso de suelo y variabilidad climática en Chiautzingo, Puebla, México. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático*, 6(11), 1295–1315. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v6i11.9421>
- García-Ramos, C. M., Quirós-Roque, . V. A., & Rosales-Mendoza, L. E. . (2022). Los residuos generados en la producción de la industria azucarera en los últimos 25 años. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático*, 8(16), 1979–1991. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v8i16.15041>
- Gobierno de México. (2016). Protocolo de Kioto sobre cambio climático. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Gómez Rodríguez, D. T. ., & Barbosa Pérez, E. M. (2022). ¿Es posible el diálogo entre la economía ecológica y la economía solidaria?. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático*, 8(15), 1797–1805. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v8i15.14052>
- Gómez-Rodríguez, D. T. (2021). Tendencias e instrumentos para identificar la sostenibilidad en la agroindustria. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático*, 7(14), 1700–1712. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i14.12819>
- González, F. A. I. (2021). Desastres naturales y desarrollo humano: Una revisión de la literatura. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático*, 7(14), 1666–1675. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i14.12798>
- Gevaerd Bernal, P., & Ordenavia, M. N. (2020). Bosques nativos y gestión sustentable en el Chaco seco Argentino. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático*, 6(11), 1383–1405. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v6i11.8479>

- Gutiérrez Escajeda, M. T., Medellín Milán, P., & Ábrego Góngora, C. J. (2016). Factores determinantes de las emisiones de CO₂ asociadas al uso de combustibles en el sector industrial de San Luis Potosí. *Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 24(68), 22-28.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (6ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- International Energy Agency. (2018). *CO₂ emissions from fuel combustion 2018: Highlights*. <https://webstore.ica.org/publications>
- Méndez, C. (2007). *Metodología: Diseño y desarrollo del proceso de investigación con énfasis en ciencias empresariales* (4ª ed.). Editorial Limusa.
- Mendoza de Armas, C., & Jiménez Narváez, G. (2017). Relación entre el efecto invernadero y el cambio climático desde la perspectiva del sector agrario. *Revista facultad nacional de agronomía*, 70(2), 8239-8250.
- Milán Pérez, J. A., & Zúniga-Gonzalez, C. A. (2021). Necesidades de investigación y transferencia de tecnologías sobre cambio climático en Nicaragua: Una oportunidad en la Bioeconomía. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático*, 7(13), 1518–1543. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i13.11270>
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2022). Minería de carbón en Colombia. <https://www.minenergia.gov.co/static/mineriaco/src/document/documento%20carbon.pdf>
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2017). Producción de carbón en ascenso. Minminas – ANM. https://www.anm.gov.co/?q=produccion_de_carbon_en_ascenso_boletin_prensa
- Naciones Unidas, (2022), *Cambio Climático 2022: Mitigación del cambio climático*, Informes sobre el clima, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático#(IPCC)
- Naciones Unidas, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2020). Informe sobre la disparidad en las emisiones de 2019. Resumen. *El trimestre económico*, 87(2), 567-590.
- Nueva Minería y Energía (2022), *Colombia: Un nuevo comienzo para el carbón*. Recuperado el 11 de enero de 2023 de <https://www.nuevamineria.com/revista/colombia-un-nuevo-comienzo-para-el-carbon/>
- Núñez-Rodríguez, J. de Jesús, & Carvajal Rodríguez, J. C. (2020). Modelo de observatorio agropecuario del cambio climático en el departamento norte de Santander, Colombia. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático*, 6(11), 1316–1333. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v6i11.9840>
- Olivera Villarroel, S., Labra, D., García, L., & Heard, C. (2020). Midiendo la exposición del cambio climático en las ciudades mesoamericanas. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático*, 6(11), 1334–1358. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v6i11.9732>
- Rosado Anastacio, J. A. (2018). Usando el método de control sintético para analizar la efectividad del Protocolo de Kioto para reducir las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O en España. *Revista de economía del Rosario*, 21(2), 341-379.
- Rusque, A. M. (2003). *De la Diversidad a la unidad en la Investigación Cualitativa* (1ª ed.). Vadel Editores.
- Samaniego, J. L., Sánchez, J., & Alatorre, J. E. (2022). Medio ambiente y desarrollo en un contexto centro-periferia. *El trimestre económico*, 89(353), 229-256.
- Sierra-Figueroa, P., Pérez-Piñero, A., Durán Zarabozo, O., Marinero-Orante, E. A., & Zaldivar-Cruz, J. M. (2015). Análisis del impacto de la Actividad Solar y la variabilidad climática en la productividad apícola para el territorio cubano. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático*, 1(2), 156–171. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v1i2.2481>
- Sierra Figueredo, P., Pérez Piñero, A. M., Durán Zarabozo, O., Castellanos-Pontenciano, B., & Zaldivar Cruz, J. M. (2015). Aspectos a valorar dentro de la bioeconomía y su sendero de eco – intensificación para el buen desempeño de la actividad apícola ante la variabilidad de la Actividad Solar y Geomagnética y los cambios climáticos. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático*, 1(1), 207–222. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v1i1.2149>
- Sierra-Figueroa, P., Marinero-Orantes, E. A., Sol-Sánchez, A., & Zúniga-González, C. A. (2021). Variabilidad de la Producción Cafetalera en El Salvador y su Posible Relación con el Clima Espacial. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático*, 7(14), 1632–1643. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i14.12607>

- Tovar-Cabañas, R. ., Vazquez-Espinosa, S. A. ., & Villanueva-Hernández, H. (2022). Vulnerabilidad, cambio climático e incremento del nivel del mar en Boca del río, Veracruz. *Revista Iberoamericana De Bioeconomía Y Cambio Climático*, 8(16), 1929–1943. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v8i16.15042>
- Velázquez de Castro González, F. (2005). Cambio climático y protocolo de Kioto. Ciencia y estrategias: Compromisos para España. *Revista española de salud pública*, 79, 191-201.