

**Afectación de la calidad ambiental respecto al crecimiento poblacional en
Colombia en el período 2013-2023**

Katherin Amparo Reyes Lombana

Leidy Jael Cuero Arboleda



Corporación Universidad Autónoma del Cauca

Facultad de Ingeniería y Ciencias Naturales

Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria

Popayán, Cauca

2025

**Afectación de la calidad ambiental respecto al crecimiento poblacional en
Colombia en el período 2013-2023**

Katherin Amparo Reyes Lombana

Leidy Jael Cuero Arboleda

Trabajo de investigación en la modalidad monografía como requisito para optar al título
de Ingeniera Ambiental y Sanitaria

Director

Esp. Arnol Arias Hoyos



Corporación Universidad Autónoma del Cauca

Facultad de Ingeniería y Ciencias Naturales

Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria

Popayán, Cauca

2025

Nota de Aceptación

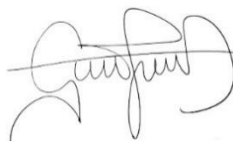
El presente trabajo de grado modalidad investigación titulado “*Afectación de la calidad ambiental respecto al crecimiento poblacional en Colombia en el periodo 2013-2023*” cumple con los requisitos establecidos por la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca para obtener el título profesional de Ingeniera Ambiental y Sanitaria. Se autoriza la realización de los trámites concernientes para optar al título profesional.



Director. Arnol Arias Hoyos



Jurado 1. Diana Milena Muñoz Solarte



Jurado 2. Edwin Fernando Sierra Gaviria

Popayán, 2025

Agradecimientos

Queremos expresar nuestros agradecimientos a la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca donde inicia nuestra experiencia profesional y donde, junto al acompañamiento de nuestros profesores ampliamos nuestros conocimientos. Al docente Arnold Arias quien con su experiencia nos asesoró y nos acompañó en el desarrollo de nuestro trabajo de grado.

Dedicatoria

Este trabajo de grado se lo quiero dedicar primeramente a Dios por guiarme y darme fortaleza para seguir adelante. A mis padres por su amor, sacrificio y apoyo incondicional han sido la fuerza de cada logro en mi vida. Su constante aliento y ejemplo de perseverancia han sido mi mayor inspiración. Por último, dedicarle esto a unas personitas muy especiales en mi vida, a mi abuela y a mi tío que el día de hoy ya no están conmigo pero que fueron testigos de todo mi proceso y nunca me dejaron sola a pesar de las adversidades. Gracias familia por creer en mí y por ser mi roca en los momentos difíciles.

Katherin Amparo Reyes Lombana

Con el corazón y sincero agradecimiento a mi familia y a las personas que amo, ofrezco el fruto de mi trabajo académico, profesional y personal, ustedes son el cimiento sobre el cual se edifican los logros.

Leydi Jael Cuero Arboleda

Tabla de Contenido

Resumen	10
Abstract.....	11
Introducción.....	12
CAPITULO 1: Problema de Investigación.....	14
1.1. Planteamiento del Problema	14
1.2. Formulación del Problema	15
1.3. Justificación.....	15
1.4. Objetivos	16
1.4.1. Objetivo general.....	16
1.4.2. Objetivos específicos	16
CAPITULO 2: Estado del Arte y Bases Teóricas	17
2.1. Estado del Arte	17
2.2. Bases Teóricas	18
2.2.1. Teoría social.....	19
2.2.2. Calidad ambiental	20
CAPITULO 3: Metodología.....	24
3.1. Investigación Descriptiva	24
3.2. Procedimientos	24
3.2.1. Fase 1. Análisis del crecimiento poblacional y la afectación ambiental en Colombia en el período 2013-2023	24
3.2.2. Fase 2. Relación entre las huellas ambientales y el crecimiento poblacional en Colombia.....	27
3.2.3. Fase 3. Proyección de las afectaciones ambientales generadas a partir del crecimiento poblacional en Colombia	28
CAPITULO 4: Análisis y Resultados.....	30
4.1. Crecimiento Poblacional Y La Afectación Ambiental En Colombia En El Período 2013-2023	30
4.1.1. Crecimiento Demográfico en Colombia 2013 a 2023	31
4.2. Relación Entre Las Huellas Ambientales Y El Crecimiento Poblacional En Colombia	36
4.2.1. Regiones de Colombia con mayor crecimiento demográfico	36

4.2.2.	Huellas y deterioro ambiental en Colombia.....	42
4.2.3.	Oferta hídrica	49
4.2.4.	Análisis	50
4.3.	Afectaciones ambientales generadas a partir del crecimiento poblacional en Colombia en el periodo 2013-2023	56
4.3.1.	Riesgos Y Afectaciones Ambientales En Las Regiones De Colombia En La Década 2013-2023.....	66
4.3.2.	Riesgos ambientales del territorio colombiano.....	68
CAPITULO 7: Conclusiones.....		71
Referencias		74

Lista de Tablas

Tabla 1. Preguntas orientadoras capítulo 1.....	25
Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión	26
Tabla 3. Palabras claves y operaciones booleanas.....	26
Tabla 4. Preguntas orientadoras capítulo 2.....	28
Tabla 5. Palabras clave y operaciones booleanas capítulo 2	28
Tabla 6. Personas residentes en Colombia 2010 a 2023.....	35
Tabla 7. Distribución del crecimiento demográfico en las ciudades por tamaño	37
Tabla 8. Coeficiente espacial de GINI según población municipal 1985-2023	41
Tabla 9. Estimaciones de calidad del agua	51
Tabla 10. Estimaciones del panel de contaminación del aire	53
Tabla 11. Metas propuestas por el Gobierno Nacional para mejorar el futuro ambiental	63

Lista de figuras

	Pag
Figura 1. Población por departamento	34
Figura 2. Índices de tasa de natalidad Colombia 1998-2021	36
Figura 3. Comportamiento estimado del crecimiento de población de Colombia 1950 a 2090.	38
Figura 4. Población colombiana por departamento año 2020	41
Figura 5. Crecimiento de la población urbana por regiones	42
Figura 6. Mapa de conflictos socioambientales vigentes	50
Figura 7. Regresión lineal ciudades con poblaciones entre 500 mil y 1 millón 1985-2023	55
Figura 8. Proyección de emisiones históricas 2000-2050	63
Figura 9. Proyección de la deforestación en Colombia 2030	66

Resumen

La presente investigación se enfoca en como el crecimiento demográfico en Colombia presenta un desafío significativo para la sostenibilidad ambiental del país. La población colombiana ha experimentado un aumento constante, lo que genera una mayor demanda de recursos naturales y ejerce presión sobre los ecosistemas. Se estima que para 2050, la población alcance niveles críticos, intensificando la necesidad de tierras para vivienda, agricultura e infraestructura, provocando la expansión de la frontera agrícola y la deforestación en regiones clave, como la Amazonía. Este aumento en la demanda también impacta la disponibilidad de agua dulce, con la creciente urbanización y el aumento de industrias que exacerban la escasez de agua en áreas como Bogotá. A su vez, la generación de residuos y la contaminación del aire son problemas crecientes en las ciudades, afectando la calidad de vida de sus habitantes. A pesar de que Colombia tiene una rica biodiversidad y una biocapacidad considerable, su huella ecológica puede afectar la sostenibilidad de su población a futuro.

Palabras clave: crecimiento demográfico, huella ambiental, riesgos ambientales, futuro.

Abstract

This research focuses on how population growth in Colombia presents a significant challenge to the country's environmental sustainability. The Colombian population has experienced a constant increase, generating greater demand for natural resources and putting pressure on ecosystems. It is estimated that by 2050, the population will reach critical levels, which will intensify the need for land for housing, agriculture and infrastructure, causing the expansion of the agricultural frontier and deforestation in key regions, such as the Amazon. This increase in demand also impacts the availability of fresh water, with increasing urbanization and the rise of industries exacerbating water scarcity in areas such as Bogotá. In turn, waste generation and air pollution are growing problems in cities, affecting the quality of life of its inhabitants. Although Colombia has a rich biodiversity and considerable biocapacity, its ecological footprint has been worrying and may affect the sustainability of its population in the future.

Keywords: population growth, environmental footprint, environmental risks, future.

Introducción

El cambio climático representa uno de los mayores desafíos ambientales para Colombia en las próximas décadas. Según proyecciones recientes, el país experimentará un aumento significativo en su temperatura media, con incrementos de hasta 2,14 °C para finales del siglo XXI, acompañado de alteraciones en los patrones de precipitación que afectarán de manera desigual a diferentes regiones. Estos cambios climáticos traerán consigo una serie de impactos potencialmente devastadores, tanto para los ecosistemas como para sectores económicos clave, como la agricultura y los recursos hídricos [1]

De acuerdo al informe del Gobierno de Colombia [2], para los próximos 100 años, el territorio colombiano presentará un incremento gradual de su temperatura que lo ubica en el índice de riesgo global en el puesto 33 de 180 países, siendo un indicador de riesgo importante, especialmente por afectaciones tales como, inundaciones, ascenso en el nivel del mar, aumento de la temperatura, falta de vegetación en áreas urbanas y riesgo en el abastecimiento adecuado de alimentos.

También se ha establecido que el país presenta una calificación elevada en 10 de los 14 factores de riesgo diferentes, dentro de los cuales se tienen la exposición, la vulnerabilidad, el riesgo y los impactos a futuro del cambio climático, además de registrar una de las tasas de daños causados por desastres más elevadas en América Latina, convirtiendo los riesgos climáticos en el mayor pasivo contingente de Colombia [3].

Todos estos riesgos, aunado al crecimiento demográfico que ha venido presentando la población colombiana en las últimas décadas, que paso de 45 millones a 50,4 millones de personas, incrementándose en 3 veces y media y transformándose en un país netamente urbano, lo que aumenta el impacto en los recursos naturales locales, especialmente en temas como el abastecimiento de agua, gas, energía y gas [3].

En respuesta a estos retos, Colombia ha desarrollado evaluaciones detalladas de vulnerabilidad y riesgo, aplicando metodologías basadas en los lineamientos del IPCC y gestionando riesgos climáticos a nivel municipal y departamental. Este enfoque integral busca identificar las áreas más vulnerables, priorizar acciones y fortalecer las capacidades de adaptación frente a un escenario climático cada vez más incierto [4].

Con base en estos datos, se formuló el siguiente interrogante ¿Cómo ha sido la afectación de la calidad ambiental en virtud del crecimiento poblacional en Colombia en el período 2013-2023?, la investigación se divide en una serie de capítulos que buscan dar

respuesta al interrogante los primeros de ellos sientan las bases teóricas y metodológicas de la investigación, los 3 capítulos de resultados, en primer lugar estudian el crecimiento poblacional y la afectación ambiental en Colombia para el período 2013 a 2023, a continuación se estudia la correlación existente entre las huellas ambientales y el crecimiento demográfico en Colombia, y por último, se lleva a cabo una proyección de las posibles afectaciones ambientales generadas por el crecimiento poblacional en el territorio colombiano.

En cuanto a la metodología utilizada, la presente investigación llevó a cabo una serie de análisis estadísticos y de regresión lineal, con el fin de determinar el verdadero impacto del crecimiento demográfico especialmente en algunas zonas del país, a través del análisis de variables como la calidad del agua y el aire, que son fácilmente medibles y permite determinar este tipo de impactos a partir del comportamiento y cambios en estos a través del tiempo.

Se encontró, que el país atraviesa un proceso de transición demográfica avanzada, y que para el año 2051 se espera el máximo pico poblacional, que se verá expuesta a fenómenos como la deforestación concentrada en la Amazonía y los Andes, así como una acelerada pérdida de la biodiversidad, la contaminación atmosférica e hídrica, además del manejo ineficiente del agua y la desertificación. En segundo lugar, resultado del análisis de la regresión lineal sobre el crecimiento urbano y el medio ambiente en Colombia determinando con base a los textos consultados un crecimiento promedio del 0,2 promedio por año en las ciudades, además de un mayor desarrollo económico que va en detrimento de la calidad de los recursos naturales como el agua.

Como conclusión general se determinó que Colombia mantiene aún una ventaja ecológica comparativa gracias a su biodiversidad y cobertura forestal. No obstante, la disminución de la biocapacidad, el modelo de desarrollo extractivo, la débil gobernanza ambiental y el crecimiento poblacional presentan un alto riesgo ecológico. Se requiere una transformación estructural urgente para garantizar un desarrollo sostenible, justo y resiliente frente al cambio climático.

CAPITULO 1: Problema de Investigación

1.1. Planteamiento del Problema

En siglo XIX el planeta alcanzó una cifra récord de mil millones de personas que lo habitan, lo que tomó toda su historia; solo 2 siglos después, la población mundial alcanzo 6 mil millones, la mitad de los cuales vive en ciudades. El impacto que esta explosión demográfica ha tenido en el medio ambiente ha sido igual de significativa, como lo demuestran los cambios en las emisiones de gases de efecto invernadero, las tasas de erosión del suelo y la extinción de especies [5].

De acuerdo al Banco Mundial [6], la población mundial pasó de 2.500 millones de habitantes en 1950 a 8.200 en 2024, es decir aumentó más del triple, esto ha ocasionado una sobreexplotación de los recursos naturales, que ha crecido en un 60% y seguirá en ascenso, representando un riesgo inminente de crisis de recursos, esto también ocasiona un impacto en la pérdida de biodiversidad, evidenciado en la disminución o desaparición de fauna y flora, como resultado de la presencia masiva de personas en sus hábitats.

El rápido aumento de la población humana está ejerciendo una presión increíble sobre el medio ambiente, ejemplo de esto son los países desarrollados que continúan contaminando el medio ambiente y agotando sus recursos, los países en desarrollo están bajo una presión cada vez mayor para competir económicamente y sus avances industriales también son perjudiciales [1].

Este crecimiento acelerado ha impuesto una serie de amenazas al medio ambiente global que ponen en riesgo el futuro de la vida sostenible en la tierra, con problemas como el calentamiento global. Con el fin de sustentar la creciente población, los bosques están siendo destruidos a un ritmo alarmante, ejerciendo a su vez una gran demanda sobre los recursos naturales del planeta, ocasionando un agotamiento de los recursos no renovables, debido al uso desenfrenado de combustibles fósiles y energía, numerosas regiones sufren escasez de alimentos y agua [7].

Según los datos aportados por el Banco Mundial [6], entre 1960 y 2021 la población colombiana aumentó un 220%, pasando de 16 millones a 51 millones, con un crecimiento en la edad media de sus habitantes, con un 8% de la población mayor de 65 años, esta evolución en el promedio de años influye negativamente en la presión ejercida sobre el medio ambiente.

Colombia es considerado como el segundo país con mayor biodiversidad dentro los 14 países clasificados con un mayor índice de diversidad biológica, además, se considera a nivel

global como uno de los más ricos en relación a la cantidad de agua disponible, sin embargo, en la actualidad se ve enfrentada a fuertes procesos de degradación ambiental que ponen en riesgo la calidad medioambiental [8].

Dentro de los problemas que se han descrito se tienen la progresiva degradación de bosques y suelos como resultado de la deforestación, también se ha encontrado una acelerada pérdida de biodiversidad tanto en flora como en fauna ocasionada por la sobreexplotación de los recursos renovables que además ha generado la progresiva contaminación de las fuentes de agua y detrimento de la calidad del aire, entre otros. En cada uno de los escenarios descritos se involucra el daño de la calidad de vida de las comunidades [9], [10].

Esto ha conllevado a que en los últimos años se hayan llevado a cabo diversos estudios que buscan establecer el estado actual del medio ambiente y las reservas naturales y acuíferas en Colombia, estos informes, y otros que se han publicado a nivel nacional y regional, han evidenciado una serie de debilidades dentro de la gestión ambiental en el país, dentro de las que se tienen: información ambiental desactualizada, poco conocimiento de los diversos problemas de tipo ambiental que en varios niveles, afecta a las regiones del país [9].

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo ha sido la afectación de la calidad ambiental en virtud del crecimiento poblacional en Colombia en el período 2013-2023?

1.3. Justificación

La importancia de la presente investigación es múltiple, pues la protección del medio ambiente es fundamental para la supervivencia de la especie humana, por lo que la identificación de los riesgos que la afectan, posibilita establecer medidas para su mitigación, a corto, mediano y largo plazo. En cuanto a la brecha de conocimiento que aborda, se centra en comprender de manera cercana los efectos del crecimiento poblacional reciente sobre los ecosistemas colombianos, proporcionando a su vez, evidencia científica con una base estadística, fortaleciendo con ello su utilidad a través de los datos que son necesarios para que las administraciones públicas, tomen decisiones con respecto a temas como la planificación territorial y el diseño de políticas públicas sostenibles.

De otro lado, no se trata de un tema que haya sido ampliamente explorado en documentos académicos recientes, especialmente en Colombia, por lo que es necesario

empezar a cubrir esta brecha de conocimiento sobre el particular y empezar a poner el foco de atención sobre una situación que día a día afecta con mayor severidad a toda la sociedad.

En cuanto a su actualidad, en los últimos años ha sido evidente el deterioro de las condiciones medioambientales en todo el planeta, de allí que, para los gobiernos, y toda la población sea fundamental entender que las medidas a tomar sean urgentes y deban ser puestas en marcha de manera inmediata, y para esto se precisa establecer con claridad los efectos de cada uno de los riesgos que se identifican, dentro de los cuales el crecimiento poblacional es primordial

Se puede afirmar que la investigación propuesta es pertinente en la medida de que para los profesionales de ingeniería ambiental y sanitaria es primordial tener bases teóricas sólidas que les faciliten ofrecer respuestas y soluciones de alto impacto a los problemas que aquejan a la humanidad actualmente.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar la afectación de la calidad ambiental en virtud del crecimiento poblacional en Colombia en el período 2013-2023.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar el crecimiento poblacional en Colombia para el período 2013-2023
- Determinar la posible existencia de una relación entre las huellas ambientales y el crecimiento poblacional en Colombia
- Identificar las afectaciones ambientales probables, generadas a partir del crecimiento poblacional en Colombia en el periodo 2013-2023.

CAPITULO 2: Estado del Arte y Bases Teóricas

2.1. Estado del Arte

Bugele [11], manifiesta en su artículo que las proyecciones de crecimiento poblacional no son positivas y que las Naciones Unidas estiman que para mediados de siglo la población mundial alcanzará aproximadamente los 9 mil 300 millones de habitantes, lo que representará una gran presión sobre los recursos naturales. Esto obliga al diseño de soluciones basadas en el control de la población a partir de la reducción de la tasa de fecundidad, pero para algunos el crecimiento económico que permita cubrir las necesidades de la creciente población.

Se plantea el desacoplamiento del bienestar de la sociedad del consumo excesivo de recursos naturales no renovables, como una herramienta para llevar a cabo la transición hacia una economía verde baja en carbono, basada en el desarrollo sostenible. Estas medidas buscan reducir el impacto causado sobre el medio ambiente de todas las actividades humanas. El informe muestra las tasas metabólicas asociadas a los niveles de desarrollo y la densidad poblacional, demostrando que a mayor número de habitantes la demanda de recursos naturales aumenta [11].

Gómez [12], se defiende la necesidad que tiene la sociedad de adaptarse con el fin de solucionar problemas que se asocian a la escasez relativa, debido a que el autor plantea que el crecimiento actual no incide de manera directa en el crecimiento a futuro, ni en que se perpetúen los recursos naturales, lo que finalmente no se convierte en una ventaja relativa para la mayoría de los países, pues como se ha evidenciado la abundancia de recursos naturales no se constituye es algo positivo para los países que los poseen.

Un estudio de caso de Latinoamérica es el artículo de Espinoza [13], donde es esboza el fenómeno de la sobrepoblación y el efecto de este sobre el planeta, lo que ha creado una coyuntura que puede generar graves consecuencias sobre la población y el planeta. Para esto el autor se basa en teorías retomada de la ecología, la demografía y la historia, a continuación, hace un análisis de la situación en el Perú y los retos que presenta su situación a futuro con los cambios climáticos que se están presentando.

En cuanto a Colombia, Rivera [14] plantea la hipótesis de la curva medioambiental de Kuznets, analizando la relación existente entre crecimiento económico y calidad ambiental, y se pretende demostrar que el crecimiento económico a corto plazo deteriora el medio ambiente, pero a largo plazo en las economías más prosperas este es beneficioso del medio ambiente, pero esto solo se ha demostrado en los países desarrollados. Para el caso colombiano, se

analizan variables como la distribución del ingreso, la densidad poblacional y las libertades políticas, y su afectación sobre el medio ambiente, encontrando que en la actualidad se encuentra en una fase creciente de la curva medioambiental, por lo que todo crecimiento económico se traduce en afectaciones negativas sobre el medio ambiente.

2.2. Bases Teóricas

El cambio climático al ritmo estimado actualmente conlleva grandes incertidumbres y riesgos para el bienestar de las personas en muchas regiones del planeta. Debería reconocerse como una fuerza crucial para la socioeconomía de las sociedades que viven en la región. El impacto negativo ya se siente en la seguridad alimentaria, la escasez de agua y la biodiversidad. La mejor manera de abordar estos problemas es mediante la cooperación regional a largo plazo en investigación, innovación y creación de capacidades.

Es posible de acuerdo a Bundy, Pfarre, Corto y Coombs [15] es posible elaborar una matriz muestra los vínculos entre las tres áreas prioritarias de la UPM, así como 12 áreas prioritarias en la región de la UPM para un futuro concepto de gestión de crisis. Las áreas a analizar son el impacto de la escasez de agua y la sequía en las zonas rurales; la producción agrícola sostenible; la biodiversidad en el clima cambiante, el mejoramiento de la preparación para emergencias sanitarias de la UPMC, el establecimiento de sistemas de salud sostenibles y resilientes capaces de responder a las necesidades de las poblaciones, en particular de las más vulnerables, la descripción general y modelado de escenarios de energías renovables, base de datos armonizada de energías renovables inteligentes y comunicación dentro de la UPMC; la modernización de los sistemas de energía eléctrica (Smart Grid, Smart Cities y generación RE local); la modernización del sistema de distribución (Gestión de Pérdidas de Energía), la implementación de las tecnologías Avanzadas, Producción, Almacenamiento e Infraestructuras de Hidrógeno Verde; poner en marcha sistemas de Energía -Estabilidad hacia la estabilidad en los Sistemas de Salud, Agricultura y Sistema Alimentario y resiliencia en el contexto del Cambio Climático; recopilar datos fiables, así como - intercambio y - comunicación para la toma de decisiones y por ultimo recopilar datos cualitativos sobre situaciones de crisis locales (potenciales) y cuestiones específicas de género para intervenciones locales hacia las capacidades.

2.2.1. Teoría social

La teoría social como campo de estudio es particularmente difícil de determinar o definir con precisión. Tal como se entiende aquí, la teoría social es el estudio sistemático de la sociedad humana, incluidos los procesos de cambio y transformación social, que implica la formulación de hipótesis, explicaciones, justificaciones y prescripciones teóricas (y empíricas). En términos disciplinarios, la “teoría social” a menudo se asocia con la teoría sociológica, y los orígenes de la teoría social moderna tienen su origen en la tradición sociológica [16].

La teoría social incluye el enfoque "científico social" para el estudio de la sociedad (en términos de las disciplinas que uno encuentra en el enfoque científico social para estudiar la sociedad y los fenómenos sociales). (sociología y antropología, política, relaciones internacionales, economía, estudios jurídicos, estudios de la mujer, estudios culturales). Sin embargo, la teoría social también puede incluir los enfoques disciplinarios de la historia, la filosofía, la teoría moral y la geografía cultural. Así, la “teoría social” actúa como un paraguas bajo el cual se reúnen una variedad de enfoques para pensar sobre la sociedad, explicar los fenómenos sociales y ofrecer justificaciones para defender o resistir la transformación social [16], [17].

La teoría social suele tener dos dimensiones, una descriptiva, la otra es prescriptiva. En su aspecto descriptivo, la teoría social describe la sociedad y propone explicaciones particulares de los fenómenos, eventos, problemas y cambios sociales dentro de la sociedad. Por ejemplo, una teoría social puede implicar explicar el surgimiento de políticas de extrema derecha contemporáneas en toda Europa haciendo referencia a un aumento del desempleo, los efectos económicos negativos de la globalización y el consiguiente atractivo de las políticas nacionalistas populistas en respuesta a la erosión de la "soberanía nacional" o 'El orgullo nacional' como una justificación para buscar el desarrollo económico a costa de todo precio, incluso la preservación del medio ambiente [17].

Se puede concebir una teoría general de la población y el medio ambiente modificando la teoría de la transición demográfica. En pocas palabras, la teoría de la transición demográfica se refiere a un cambio de una mortalidad y fertilidad altas a bajas como consecuencia del desarrollo económico y social. Como la disminución de la mortalidad tiende a comenzar antes que la disminución de la fertilidad, la población suele crecer rápidamente durante la transición. Con el tiempo, tanto la mortalidad como la fertilidad tienden a estabilizarse en niveles bajos, completando la transición demográfica [18], [19]. Esto es más cierto en el caso de la mortalidad. La fecundidad aún no se ha estabilizado ni siquiera en la mayoría de los países

industrializados donde se han alcanzado niveles muy bajos de fecundidad en las últimas décadas.

Cuando la fertilidad se estabiliza, puede producirse fluctuaciones irregulares dentro de ciertos límites. En general, antes de la transición la tasa de mortalidad suele fluctuar más que la tasa de natalidad, pero después de la transición, es probable que la tasa de natalidad fluctúe más que la tasa de mortalidad. La teoría de la transición demográfica se basa principalmente en la experiencia de los países de Europa occidental y América del Norte. En estos países, la transición de un nivel alto a un nivel bajo ha ido acompañada típicamente de mayores niveles de vida a través de una mejor educación, urbanización, desarrollo tecnológico y crecimiento económico. La teoría de la transición demográfica, en este sentido, puede concebirse como parte de una teoría general de la modernización [20].

En su mayor parte, la teoría de la transición demográfica, como la mayoría de otras teorías demográficas, las teorías sociológicas y económicas dan por sentados los recursos naturales y el entorno biofísico y suponen que afectan a los procesos demográficos sólo a través de las vías socioculturales y económicas. El desarrollo se percibe como independiente de los cambios demográficos y de los cambios en la base de recursos y el medio ambiente. La teoría de la transición demográfica también ha sido criticada por su escaso poder predictivo [20].

2.2.2. *Calidad ambiental*

Para el observatorio Ambiental de la Unión Europea [21], la calidad ambiental, en términos generales, abarca el conjunto de propiedades y elementos del medio ambiente que permiten su conservación y óptimo desarrollo para la vida. La degradación ambiental causada por la acción humana ha impulsado la necesidad de promover el desarrollo sustentable, integrando lo económico, social y natural.

El término ambiente también se emplea como sinónimo de medio ambiente en el contexto de la salud ambiental. Antes de la aparición del ser humano, el ambiente se limitaba al mundo físico (litosfera, hidrosfera y atmósfera) y los seres vivos en él. Con la presencia de *Homo sapiens*, el ambiente pasó a incluir también las interacciones humanas [19].

En la segunda mitad del siglo XX, los problemas ambientales comenzaron a abordarse desde dos enfoques principales, en primer lugar, la vertiente verde, enfocada en los impactos de la actividad humana sobre el ambiente natural, incluyendo temas como desarrollo sostenible, cambio climático, biodiversidad y deforestación. Y, en segundo lugar, la vertiente azul,

centrada en los efectos del ambiente sobre la salud humana, lo que se denomina salud ambiental [22].

De otro lado, Vásquez y García [23], han planteado la hipótesis de que un mayor nivel de ingreso mejora el ambiente, ya que permite el acceso a tecnologías más limpias y reduce la explotación insostenible de recursos. Sin embargo, la evidencia empírica muestra una relación más compleja entre ingreso y calidad ambiental.

Diversos estudios han identificado una relación en U invertida donde la contaminación aumenta con el crecimiento económico en países de bajos ingresos, alcanza un máximo y luego disminuye a partir de un umbral crítico de ingreso [24]. Sin embargo, no todas las variables ambientales siguen este patrón, algunas, como el acceso a agua potable y saneamiento, mejoran con el crecimiento económico, otras, como la contaminación del aire por dióxido de azufre y plomo, presentan la relación en "U invertida" y en última instancia las emisiones de dióxido de carbono y generación de residuos, empeoran con el aumento del ingreso.

Los resultados empíricos indican que no existe un patrón universal de degradación ambiental, ya que su gestión no depende solo del nivel de ingreso, sino también de otros factores clave. Dentro de estos se destacan la potencia tecnológica, que permite producir más con menos recursos y mitigar la contaminación. La disponibilidad de recursos naturales y resiliencia de los ecosistemas, que influyen en la recuperación ambiental; la cultura, comportamiento y organización social, que determinan políticas, incentivos y regulaciones y los principios rectores, como equidad, eficiencia y participación, que orientan la gestión ambiental [24].

De acuerdo a Pezzey [25], no se puede asumir que el crecimiento económico por sí solo garantizará mejoras ambientales. Aunque en economías con mayor ingreso el sector servicios reemplaza a la industria, reduciendo la contaminación, también pueden concentrarse en la producción de bienes contaminantes o trasladar actividades industriales a países con regulaciones ambientales más laxas.

Además, la acción frente a la degradación ambiental es más efectiva cuando el costo afecta directamente a la comunidad local y es relativamente bajo. Sin embargo, cuando el impacto recae en otras regiones o países, los incentivos para tomar medidas pueden ser insuficientes, lo que agrava el problema ambiental a nivel global [25].

Las explicaciones para esta curva incluyen el efecto composición que describe la transición de economías agrícolas a industriales y luego a economías de servicios menos contaminantes, y el efecto escala, donde el crecimiento económico aumenta la cantidad de

materiales usados sin necesariamente incrementar la contaminación por unidad de material [26].

Aún no existe una teoría definitiva que explique completamente la relación entre ingreso y calidad ambiental, lo que sugiere la necesidad de considerar otros factores como consumo, producción, demografía y organización sociopolítica en la evaluación del impacto ambiental del desarrollo económico [26].

El concepto de desarrollo sostenible ha ganado popularidad desde los años 80 como una combinación de crecimiento económico y conservación ambiental. Esto refleja la necesidad de equilibrar la expansión económica con los límites ecológicos, ya que el crecimiento ilimitado de la población y el consumo de recursos no es viable [27].

El desarrollo sostenible busca satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las futuras generaciones, basándose en tres pilares: sociedad, medio ambiente y economía. Este paradigma representa un cambio frente al modelo tradicional de desarrollo económico, que ha causado impactos negativos en la naturaleza y en la calidad de vida [28].

El crecimiento económico, medido a través del PIB, es clave para el bienestar, pero también plantea desafíos como la sobreexplotación de recursos y la contaminación. Organizaciones como el Club de Roma advirtieron desde los años 70 sobre el riesgo de alcanzar los límites planetarios en las próximas décadas si persisten las tendencias actuales de industrialización, contaminación y consumo excesivo [28].

Hoy, el cambio climático, la degradación del agua, el aire y el suelo son evidencia del impacto ambiental de nuestras acciones, lo que refuerza la urgencia de adoptar estrategias sostenibles para garantizar un futuro habitable. En el año 2015, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, una guía global para reducir desigualdades, fomentar el crecimiento inclusivo y promover ciudades sostenibles [29].

La Agenda 2030 [28], incluye 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que sirven como herramientas clave para la planificación nacional y local en la transición hacia un desarrollo más equitativo y ambientalmente responsable. Algunos objetivos destacados y que influyen directamente en el medio ambiente y el desarrollo sostenible incluyen:

- Erradicar la pobreza extrema, mediante sistemas de protección social y fortalecimiento de la resiliencia ante desastres.
- Garantizar el acceso a energía renovable y sostenible, fomentando la eficiencia energética y la inversión en tecnologías limpias.

- Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, con políticas que desvinculen el desarrollo de la degradación ambiental.
- Construir infraestructuras e industrias sostenibles, aplicando innovación para reducir el impacto ecológico.
- Crear ciudades inclusivas y resilientes, implementando políticas que reduzcan la contaminación y optimicen los recursos.
- Fomentar el consumo y la producción sostenible, promoviendo prácticas empresariales responsables y el uso eficiente de recursos.

Estos objetivos buscan equilibrar el desarrollo económico con la protección ambiental y el bienestar social, asegurando un futuro sostenible para las próximas generaciones.

CAPITULO 3: Metodología

Para la realización de este estudio se determinó utilizar diferentes herramientas para la recopilación de la información que permita conocer el impacto que el crecimiento demográfico tiene en los diversos factores medio ambientales, en especial en la década comprendida entre el 2010 al 2023 en el territorio colombiano.

3.1. Investigación Descriptiva

La investigación descriptiva es una metodología que se dedica a caracterizar a una población o fenómeno específico. Su enfoque principal está en describir "qué" sucede respecto al tema de estudio, más que en explicar "por qué" ocurre. Este método se concentra en ofrecer un retrato detallado de un segmento demográfico o fenómeno, sin profundizar en las causas subyacentes de dicho fenómeno. En resumen, se centra en la descripción del tema investigado, sin explorar las razones detrás de su ocurrencia.

3.2. Procedimientos

3.2.1. Fase 1. Análisis del crecimiento poblacional y la afectación ambiental en Colombia en el período 2013-2023

Actividad 1. Evidenciar el crecimiento poblacional en Colombia por regiones y zonas geográficas. Para alcanzar el objetivo propuesto, el presente estudio utilizará la metodología de mapeo sistemático, se trata de un método conveniente al momento de desarrollar clasificaciones y extraer la información necesaria sobre el tema elegido, en este caso sobre la relación entre las afectaciones ambientales y el crecimiento poblacional en Colombia; en este orden de ideas el uso de esta metodología permitirá identificar los vacíos y necesidades dentro del tema, facilitando que el resultado del documento se acerque a la definición de la investigación pertinente.

Los resultados se analizarán a través de una categorización de los hallazgos, estableciendo con qué frecuencia se adelantaron las publicaciones en las categorías establecidas y así establecer la cobertura en las diversas áreas dentro de una investigación específica usando el mapeo sistemático, para esto se deben seguir las fases diseñadas por Petersen y otros [30], estas son: definición de las preguntas de investigación, realización de la búsqueda literaria, selección de los estudios, clasificación de los artículos y finalmente extracción y realización de la agregación de datos,

Para esta actividad se formularon las siguientes preguntas:

- ¿Cómo ha sido el crecimiento demográfico en Colombia en el período comprendido entre el 2013-2023?
- ¿Cuáles han sido las zonas de Colombia que han experimentado mayor crecimiento demográfico en el período comprendido entre 2013-2023?

Actividad 2. Determinar las zonas y regiones con mayor deterioro ambiental

- ¿Qué regiones de Colombia han sufrido el mayor deterioro ambiental en el período comprendido entre el 2013-2023?
- ¿Cuáles son los mayores riesgos ambientales detectados en cada región de Colombia?
- ¿Cuál ha sido la incidencia por afectación y por región en el período 2013-2023?

La búsqueda bibliográfica se llevará a cabo en revistas indexadas como: Scopus, Dialnet, Scielo, Researchgate y en los diversos repositorios de las universidades colombianas y latinoamericanas.

Las palabras clave que se usaran son: Crecimiento demográfico en Colombia, regiones, riesgos ambientales, afectación, década 2013-2023, incidencia ambiental

Operadores booleanos a usar: OR, NOT, AND

Las ecuaciones de búsqueda que se plantearan son:

- Crecimiento demográfico en Colombia AND regiones AND década 2013-2023
- Regiones en Colombia AND riesgos ambientales AND afectación AND década 2013-2023
- Contaminación hídrica AND contaminación en tierras AND contaminación del aire AND regiones de Colombia AND década 2013-2023
- Incidencia ambiental AND década 2013-2023

A continuación, se formulan los interrogantes que orientaran el avance del presente capítulo

Tabla 1.

Preguntas orientadoras capítulo 1

Preguntas guía	Justificación
¿Cómo ha sido el crecimiento demográfico en Colombia en el período comprendido entre el 2013-2023?	Determinar cómo se ha producido el crecimiento poblacional en el territorio

	colombiano en la década del 2013 al 2023
¿Cuáles han sido las zonas de Colombia que han experimentado mayor crecimiento demográfico en el período comprendido entre 2013-2023?	Establecer las dinámicas de crecimiento poblacional en las diversas regiones, en el entendido de la disparidad de la misma.

Como se estableció en la metodología, el proceso de búsqueda se adelantó en bases de datos como Dialnet, Redalyc, Reserchgate y Scielo, teniendo en cuenta los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Tabla 2.

Criterios de inclusión y exclusión

Criterio	Inclusión	Exclusión
Idioma	Publicaciones en español	Publicaciones en otro idioma diferente al español
Período	Publicaciones desde al año 2010 a 2024.	Publicaciones anteriores a 2010
Tipo de Publicación	Artículos de revisión o de resultados completos disponibles en bases de datos o repositorios de revistas científicas.	Artículos incompletos o completos no disponibles en bases de datos o repositorios de revistas científicas. Editoriales
	Tesis de maestría o doctorado en físico o digitales disponibles en repositorios de universidades relacionadas con el tema.	Tesis de nivel de pregrado.
Contenido	Estudios de acceso al menos a resumen y/o abstract	Estudios sin resumen y/o abstract o sin acceso a estos.

Con el fin de llevar a cabo las búsquedas señaladas, se debe hacer uso de una serie de palabras claves y combinaciones booleanas que faciliten su desarrollo, estas se describen en la siguiente tabla:

Tabla 3.

Palabras claves y operaciones booleanas

Palabras clave	Operaciones booleanas
Crecimiento demográfico en Colombia	Crecimiento demográfico en Colombia AND regiones AND década 2013-2023

Palabras clave	Operaciones booleanas
Regiones	Regiones en Colombia AND riesgos ambientales AND afectación AND década 2013-2023
Riesgos ambientales	Incidencia ambiental AND década 2013-2023 Contaminación hídrica AND contaminación en tierras AND contaminación del aire AND regiones de Colombia AND década 2013-2023
Afectación	
Década 2010-2020	
Incidencia ambiental	

3.2.2. Fase 2. Relación entre las huellas ambientales y el crecimiento poblacional en Colombia.

Actividad 1. Comparar las regiones con mayores problemas ambientales y su crecimiento demográfico

Actividad 2. Establecer los principales riesgos ambientales en Colombia

Para esto se hará uso de herramientas estadísticas como la correlación y la regresión lineal, con estas se podrá medir el grado de asociación entre las variables elegidas, en este caso el crecimiento demográfico y las afectaciones medioambientales, y conocer la forma en la cual se relacionan.

El análisis de las estadísticas se llevará a cabo a través de bases de datos creadas con las variables obtenidas, dándole una calificación de 1 a 10 a cada una de las afectaciones ambientales según su gravedad y extensión. En el caso del crecimiento demográfico también se puntuará de 1 a 10, de acuerdo con el porcentaje de crecimiento obtenido en el período de tiempo establecido, lo cual permitirá establecer la relación entre ambas variables. A través de esto, se podrá encontrar la relación entre las variables y determinar de qué tipo es (lineal o no), y si es creciente o decreciente.

Siguiendo los lineamientos establecidos por Petersen [30], al igual que en el capítulo anterior, se han planteado una serie de preguntas relacionadas con el desarrollo del tema, las cuales facilitarán alcanzar el objetivo de forma clara.

Tabla 4.*Preguntas orientadoras capítulo 2*

Preguntas orientadoras	Justificación
¿Cuáles son las regiones de Colombia con mayores problemas ambientales?	Determinar las regiones colombianas que se han visto más afectadas por problemas medioambientales
¿Qué regiones de Colombia tienen un mayor crecimiento demográfico?	Analizar el crecimiento demográfico en Colombia en virtud de las regiones geográficas

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo los lineamientos metodológicos planteados, la búsqueda se centró en una serie de palabras clave orientadas hacia el tema específico sobre las regiones de Colombia con mayores problemas ambientales.

Tabla 5.*Palabras clave y operaciones booleanas capítulo 2*

Palabras clave	Operaciones booleanas
Regiones con mayor crecimiento demográfico	Regiones ambientales AND crecimiento demográfico
Principales riesgos ambientales	Principales riesgos ambientales AND regiones colombianas

Fuente: Elaboración propia.

Basado en los criterios que se establecieron se encontraron 224 publicaciones que cumplen con estos, y por lo tanto deben ser incluidos de manera inicial dentro del estudio, no obstante, luego del proceso de depuración solo 21 son relevantes para el estudio.

3.2.3. Fase 3. Proyección de las afectaciones ambientales generadas a partir del crecimiento poblacional en Colombia

Actividad 1. Analizar las estadísticas poblacionales para determinar el crecimiento poblacional por regiones

Actividad 2. Proyectar con base en las teorías existentes las posibles afectaciones medioambientales en el país

Con los datos obtenidos en la fase anterior y con base en las teorías obtenidas en la primera fase, se llevará a cabo una proyección de las posibles afectaciones medioambientales

que se pueden generar si no se modifican algunas prácticas en las regiones por parte de las entidades gubernamentales.

CAPITULO 4: Análisis y Resultados

4.1. Crecimiento Poblacional Y La Afectación Ambiental En Colombia En El Período 2013-2023

Con el propósito de recopilar información académica relevante sobre la afectación ambiental en Colombia, se diseñó y ejecutó una estrategia de búsqueda sistemática en diferentes motores y bases de datos académicas, incluyendo Scopus, Web of Science, Google Scholar y Redalyc, entre otras.

La búsqueda se estructuró a partir de combinaciones de palabras clave como “afectación ambiental”, “impacto ambiental”, “Colombia”, “conflictos socioambientales”, y “degradación ambiental”, empleando operadores booleanos (AND, OR) y filtros por idioma (español e inglés), país (Colombia), y tipo de documento (artículos científicos y de revisión).

Una vez recopilados los resultados iniciales, se procedió a la fase de cribado, que incluyó:

1. Revisión de títulos y resúmenes para determinar la pertinencia temática respecto a los objetivos de la investigación.
2. Eliminación de duplicados, es decir, artículos que aparecían más de una vez al estar indexados en múltiples plataformas.
3. Evaluación del contenido completo de los artículos preseleccionados, descartando aquellos que, aunque relacionados temáticamente, no abordaban de forma directa la problemática de la afectación ambiental en Colombia, o bien carecían de rigor metodológico.

Este proceso de depuración redujo el conjunto inicial de documentos a 32 artículos relevantes, los cuales fueron incorporados al marco teórico y al análisis documental de la investigación.

El cambio climático es considerado la mayor amenaza para la salud humana en el siglo XXI. Se estima que, si las temperaturas siguen aumentando, podría causar la muerte de más de 83 millones de personas en los próximos 80 años, superando 13 veces el número de víctimas de la pandemia de COVID-19. Solo las pandemias y guerras mundiales han presentado riesgos similares en la historia.

En 2021, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró que el cambio climático es la mayor amenaza para la salud de la humanidad. Aunque más de 195 gobiernos han incorporado acciones de mitigación y adaptación climática en sus planes, los vínculos entre el

cambio climático y la salud aún no están plenamente reconocidos, y los esfuerzos actuales carecen de enfoques estratégicos y prácticos para medir y responder a estos impactos [31].

4.1.1. Crecimiento Demográfico en Colombia 2013 a 2023

De acuerdo a los datos proyectados a partir del censo DANE 2018 [4], la población de Colombia en la actualidad, alcanza los 52.156.200 habitantes, lo que representa una densidad poblacional de 44,5 habitantes por Km². Como se evidencia en la siguiente figura, se evidencia que los departamentos más poblados son Bogotá D.C. con 7.968.100, Antioquia con 6.994.800, Valle del Cauca 4.622.100, Cundinamarca 3,577.200 y Atlántico con 2.835.000 habitantes, esto indica que estos departamentos concentran casi el 50% de la población del país, indicador claro de una fuerte centralización urbana.

De otro lado, los departamentos con menor población, son Vaupés, con 51.100 habitantes, Guainía 52.600, San Andrés y Providencia 65.700, Vichada 116.900 y Guaviare 92.300. Estos departamentos agrupan menos del 0,2% de la población total del país cada uno, lo que se convierte en un desafío en términos de acceso a servicios públicos, infraestructura y presencia del Estado [4].

Figura 1.*Población por departamento**Fuente:* CEPAL [32]

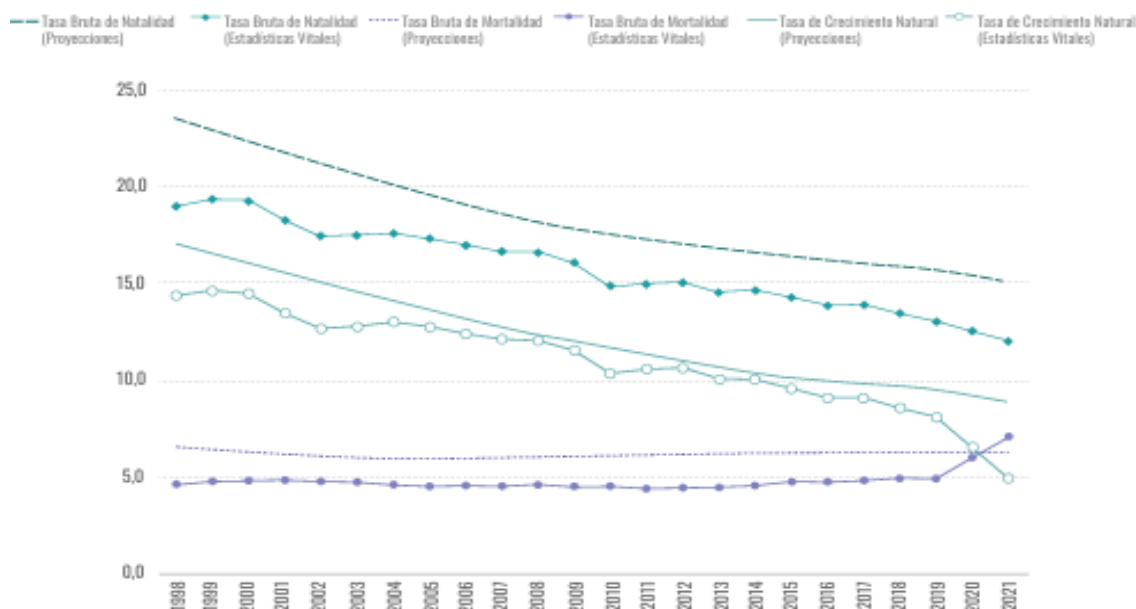
Según Andrade [33], la industrialización en Colombia comenzó en Medellín, Bogotá y Barranquilla, y posteriormente en Cali con la industria azucarera. El crecimiento económico se concentró en zonas ya industrializadas. A partir de los años 50, Bogotá adquirió un papel dominante en la economía. También crecieron regiones como Caquetá, Meta y algunos departamentos costeros con actividad portuaria, ganadera, agrícola o minera. Según Flórez (2000), entre 1938 y 1951 no había una ciudad claramente dominante, pero desde 1964 hasta

1993 se evidencia un fuerte crecimiento urbano en Bogotá, cuya población llegó a igualar la suma de las tres ciudades más grandes siguientes.

Actualmente, Colombia se encuentra en una fase avanzada de transición demográfica, con transformaciones en su población vinculadas a la fecundidad, mortalidad y migración, en interacción con factores sociales, económicos y ambientales [33].

Según el Departamento de Planeación Nacional [34], el crecimiento poblacional del país muestra en la última década una tendencia hacia la desaceleración, con un techo poblacional proyectado para 2051, es decir, 12 años antes de lo anticipado y con 5,4 millones de personas menos de lo previsto. Según las nuevas estimaciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadística [4], el número máximo de población alcanzará los 57,7 millones en 2051, lo que supone una reducción de 5,4 millones respecto a las proyecciones anteriores a la pandemia, que estimaban un pico de 63,1 millones para 2063. Estas cifras se alinean con las proyecciones del WWP – 2022, que prevén un máximo de 56,8 millones de habitantes para 2050.

En los últimos 10 años, se experimentó una tasa de fecundidad de 2,45 por mujer, con leves variaciones en departamentos como la Amazonía con 4,07, el Chocó con 4,05, Arauca con 3,92 y La Guajira con el 3,90, lo que indica que, en las regiones del país con mayores niveles de pobreza, menor acceso a servicios de salud y educación, las tasas de fecundidad tienden a ser más altas [4].

Figura 2.*Índices de tasa de natalidad Colombia 1998-2021*

Fuente: Tomado de [4].

En la figura anterior se evidencia un descenso continuo tanto en proyecciones como en estadísticas reales, con un corte crítico en el año 2021, que dio inicio a un proceso de descenso natural de la población, que se relaciona con cambios sociales y económicos.

En Colombia, se han adelantado desde 1950 un total de 7 censos poblacionales, en los años 1951, 1964, 1973, 1985, 1993, 2005 y 2018, en este último la población ascendió a 48.258.494 personas, y que hay 13.480.729 viviendas con hogares particulares y 14.243.223 hogares particulares [4]. En la siguiente tabla se observa el número de personas residentes en Colombia en los años 2010 a 2023, la información está determinada a partir de proyecciones basadas en los datos obtenidos en los censos, en este caso en los realizados en el 2005 y el 2018 [4].

Tabla 6.*Personas residentes en Colombia 2010 a 2023*

Año	Población
2023	52.215.503
2022	51.682.692
2021	51.117.378
2020	50.407.647
2019	49.395.678
2018	48.258.494
2017	47.419.200
2016	46.830.116
2015	46.313.898
2014	45.866.010
2013	45.434.942
2012	45.001.571
2011	44.553.416
2010	44.086.292

Fuente: Tomado de [35]

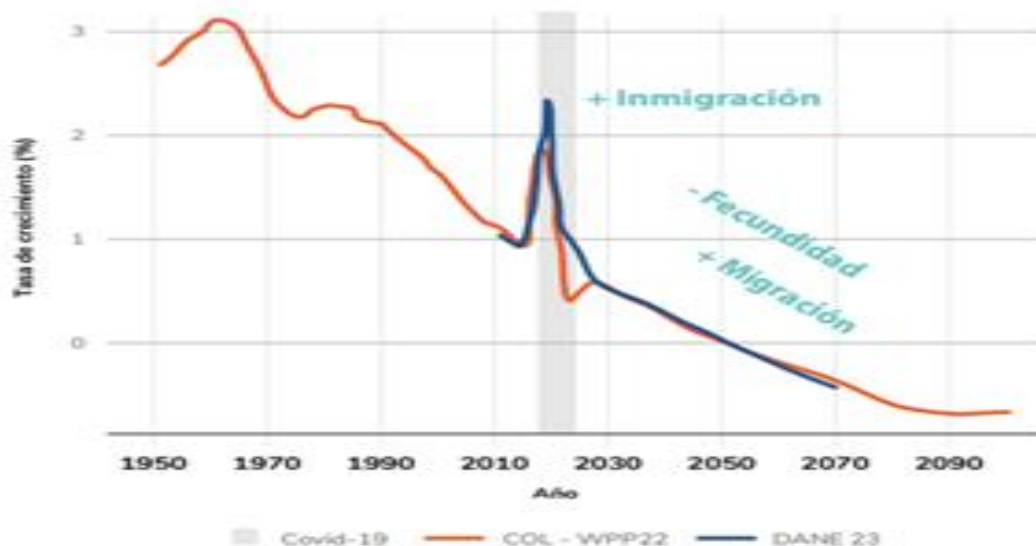
De la tabla No. 6 se puede inferir varios aspectos, en primer lugar, se observa un crecimiento constante en la población. En 2010, la población era de 44.086.292 y en 2023 se estima que alcanzará 52.215.503, lo que representa un aumento de aproximadamente 8.129.211 personas en un período de 13 años.

En segundo lugar, entre 2010 y 2019, la población creció de manera gradual, pasando de 44.086.292 en 2010 a 49.395.678 en 2019, lo que sugiere un aumento promedio anual constante. Sin embargo, la tasa de crecimiento parece acelerarse en los años más recientes. Por ejemplo, de 2019 a 2020, la población creció de 49.395.678 a 50.407.647, mostrando un aumento significativo en un solo año.

Entre 2016 y 2020, la tasa de crecimiento poblacional se mantuvo superior al 1%, alcanzando el 2% en 2018 debido al impacto de la migración desde Venezuela. Para 2023, se estima un crecimiento poblacional del 0,4% en comparación con el año anterior. Estas tendencias de crecimiento por debajo del 1% también han sido recogidas por el DANE, en sus proyecciones más recientes posteriores a la pandemia del COVID-19 [4].

Figura 3.

Comportamiento estimado del crecimiento de población de Colombia 1950 a 2090.



Fuente: Tomado de [35]

Se evidencia como en el período motivo de análisis, se alcanzó un pico poblacional resultado de la presión migratoria, que se contrarresta por el descenso en la fecundidad, llegando a niveles poblacionales similares a los de 1980.

Otro aspecto a tener en cuenta es como la estructura demográfica colombiana ha pasado de una pirámide tradicional (muchos niños) a una estructura más rectangular (predominio de jóvenes), y eventualmente evolucionará hacia una pirámide invertida (envejecimiento poblacional). Esta transformación implica que, actualmente, existe una gran fuerza laboral disponible, pero requiere inversión en empleo, salud, educación y protección social. Esto significa que las políticas públicas deben ajustarse al momento demográfico de cada región, considerando tanto la tasa de dependencia como las condiciones locales de empleo, educación y servicios.

4.2. Relación Entre Las Huellas Ambientales Y El Crecimiento Poblacional En Colombia

4.2.1. Regiones de Colombia con mayor crecimiento demográfico

Colombia se destaca en Latinoamérica por su estructura de ciudades y regiones, con gran parte de su fortaleza económica derivada de áreas metropolitanas. El desarrollo es visto como un proceso de cambio estructural, que progresa con desigualdades. Se proyecta que el

coeficiente espacial de Gini aumentará de 0.67 a 0.75 entre 1985 y 2020, lo que indica que pocas ciudades concentrarán la mayor parte de la población [30].

La Sabana de Bogotá se destaca como la metrópoli más desarrollada, seguida por el Valle de Aburrá y Oriente. Siete de las dieciocho metrópolis alcanzan un desarrollo alto o medio alto, entre ellas Cali, Barranquilla y Bucaramanga. Armenia, Ibagué y Pereira tienen desarrollo medio bajo, mientras que otras capitales de departamentos como Villavicencio, Cartagena, Pasto, Cúcuta y Neiva presentan un desarrollo bajo, finalmente, Montería, Santa Marta y Valledupar muestran un desarrollo incipiente [33].

Colombia ha experimentado un aumento significativo en su población urbana. En 1965, impulsada por la industrialización y mejoras en infraestructura de transporte, la población urbana superó a la rural. Para 2010, la población urbana (34,8 millones) triplicaba a la rural (11,5 millones). Se proyecta que para 2050 la población urbana alcanzará los 54 millones, mientras que la rural disminuirá a unos 8,8 millones, esto nos indica una clara aglomeración de la población en determinadas áreas [32], como se evidencia en la siguiente tabla.

Tabla 7.

Distribución del crecimiento demográfico en las ciudades por tamaño

Población	1985	Ciudades	1993	2005	2010	2020	2023	Ciudades
> 5 millones	0		1	1	1	1	1	Bogotá
2 - 5 millones	1	Bogotá	0	2	2	2	2	Cali, Medellín
500 mil – 1 millón	2	Barranquilla, Cartagena	1	3	5	9	11	Soledad, Cúcuta, Bucaramanga, Ibagué, Bello, Valledupar, Soacha, Villavicencio, Santa Marta
250 mil - 500 mil	6	Manizales, Pasto, Pereira, Bucaramanga, Ibagué	15	17	17	13	13	Pereira, Itagüí, Manizales, Popayán, Montería, Neiva, Riohacha, Pasto, Armenia, Floridablanca, Sincelejo, Buenaventura, Palmira.
100 y 250 mil	22		22	32	34	39	45	
<100 mil	970		987	1.062	1.062	1.056	1.050	
n.d.	119		93	4	-	-	-	

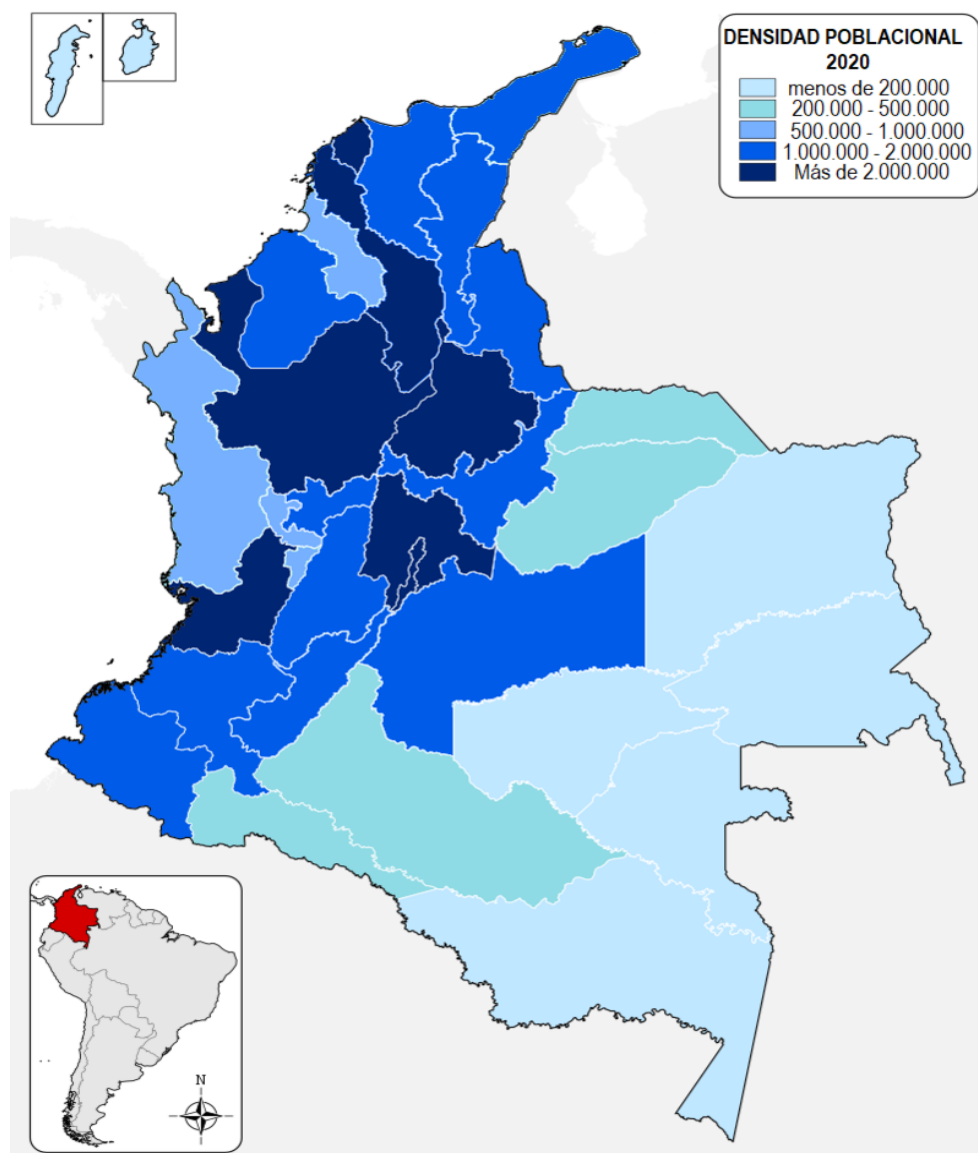
Población	1985	Ciudades	1993	2005	2010	2020	2023	Ciudades
Número de municipios	1.122		1.122	1.122	1.122	1.122	1.122	
Tamaño promedio	28.155		33.080	38.225	40.560	45.376	46.000	
Tamaño máximo (Bogotá)	4.225.639		5.413.484	6.840.116	7.363.782	8.380.801		

Fuente: Adaptado de [32] con proyecciones propias.

Los datos de la tabla 7, muestran la evolución de la población en ciudades colombianas desde 1985 hasta 2020, reflejando un fuerte proceso de urbanización y crecimiento demográfico en los principales centros urbanos. En primer lugar, Bogotá ha sido la única ciudad con más de 5 millones de habitantes desde 1993, alcanzando más de 8 millones en 2020, seguida de Cali y Medellín con poblaciones entre 2 y 5 millones desde 2005.

La tabla 7 demuestra como para el año 1985, solo Bogotá tenía más de 1 millón de habitantes, pero para 2020 hay varias ciudades con más de 1 millón, como Barranquilla y Cartagena. Otro aspecto a tener en cuenta es que el número de ciudades con poblaciones entre 500 mil y 1 millón de personas ha crecido significativamente, pasando de solo 2 en 1985 a 9 en 2020. Ciudades como Cúcuta, Bucaramanga, y Soacha son ejemplos de este crecimiento.

En cuanto a las ciudades de tamaño intermedio (250 mil a 500 mil habitantes) han crecido de 6 en 1985 a 13 en 2020, mostrando un aumento en la dispersión de la población en zonas urbanas de menor escala, lo cual queda en evidencia en la figura 1 donde se establecen las zonas del país con mayor población.

Figura 4.*Población colombiana por departamento año 2020**Nota:* Tomado de [14]

Aunque el número de ciudades pequeñas (menos de 100 mil habitantes) ha aumentado ligeramente, sigue habiendo más de 1,000 municipios pequeños, esto a pesar de que el tamaño promedio de los municipios ha crecido significativamente, pasando de 28 mil habitantes en 1985 a 45 mil en 2020 [32].

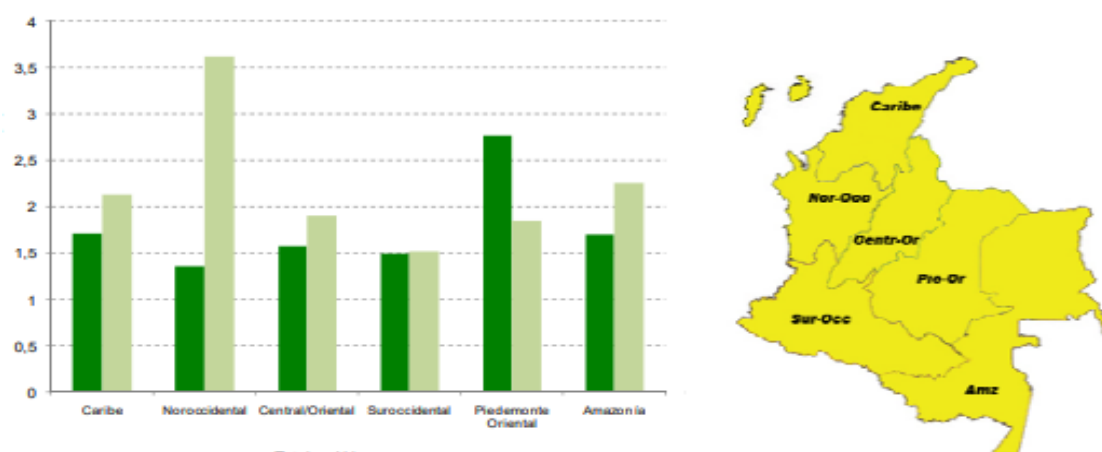
De acuerdo a CEPAL [32] y Banco Mundial [3], Colombia ha experimentado una creciente concentración urbana, con pocas ciudades como Bogotá, Medellín, y Cali concentrando la mayoría de la población, este fenómeno refleja la migración rural-urbana y el

crecimiento de las ciudades intermedias, lo que sugiere una mayor presión sobre infraestructuras urbanas en las grandes ciudades y un proceso de metropolización.

En la ilustración 2, se evidencia el comportamiento de la concentración demográfica en el país, encontrando que entre 1985 y 2020, el crecimiento urbano más rápido en Colombia se ha dado en la zona noroccidental, con un 3,6% anual, seguido por la Amazonia (2,0% anual) y el Caribe (1,9% anual). Las regiones Central-Oriental y Piedemonte Oriental han experimentado un crecimiento moderado, de 1,7% anual. La región Suroccidental ha sido la de menor crecimiento, con un 1,4% anual.

Figura 5.

Crecimiento de la población urbana por regiones



Fuente: Tomado de [32]

De acuerdo a la tabla 8, entre 1985 y 2020, la concentración de la población en Colombia ha aumentado de un índice de 0,67 a 0,75. Esta tendencia a concentrar la población en unas pocas ciudades fue más pronunciada entre 1985 y 2005. La región central/oriental muestra la mayor concentración en 2010 (0,82), impulsada por Bogotá como centro económico y demográfico, y se espera que esta tendencia continúe hasta 2020 (0,84). En esta tendencia le siguen las regiones noroccidentales (0,69) y suroccidental (0,66), con ciudades como Medellín, Cali, Pasto y Neiva como polos de desarrollo y de mayor población. Las regiones Caribe, Piedemonte Oriental y Amazonia tienen las menores concentraciones, aunque el Piedemonte Oriental ha mostrado un crecimiento acelerado en los últimos años.

Tabla 8.*Coefficiente espacial de GINI según población municipal 1985-2023*

	Municipios	1985	1993	2005	2010	2020	2023
Total	122	0,67	0,7	0,73	0,74	0,75	0,75
Caribe	197	0,57	0,6	0,63	0,64	0,65	0,65
Noroccidental	208	0,62	0,65	0,69	0,69	0,71	0,71
Central/oriental	414	0,74	0,78	0,81	0,82	0,84	0,8
Suroccidental	214	0,62	0,63	0,65	0,66	0,67	0,7
Piedemonte Oriental	59	0,55	0,58	0,61	0,63	0,65	0,6
Amazonía	30	n.d	n.d	0,61	0,61	0,6	0,6

Fuente: Tomado de [32]

Mediante el coeficiente espacial de Gini (propuesto en Krugman, 1991). Un valor más cercano a la unidad implica que la población se concentra en pocas ciudades, que consiguen albergar la mayor parte de la población del país.

Los resultados del índice de Gini proyectado hasta el año 2023 muestran diferencias significativas entre las regiones analizadas, lo que refleja desigualdades económicas y sociales variable. La desigualdad general se acerca a 1 (máxima desigualdad), esto sugiere que, en términos generales, la distribución del ingreso o riqueza en el país es muy desigual. En la región Caribe la desigualdad es moderadamente alta, pero es la segunda más baja entre las regiones analizadas. Esto podría indicar una distribución del ingreso relativamente más equitativa en comparación con otras regiones, aunque sigue siendo preocupante.

En la Región Noroccidental se refleja un nivel de desigualdad alto, similar al promedio general que muestra una tendencia creciente en la desigualdad, lo que podría estar relacionado con factores como la concentración de recursos o falta de acceso a oportunidades económicas. Para la Región Central/Oriental se encuentra el nivel más alto de desigualdad entre todas las analizadas. Un índice de Gini tan cercano a 1 indica una concentración extrema de ingresos o riqueza en pocas manos. Esto podría deberse a la presencia de grandes centros urbanos o industriales donde la brecha entre ricos y pobres es más pronunciada.

En relación con la Región Suroccidental la desigualdad en esta región es moderadamente alta, similar a la región Caribe. Aunque no es la más crítica, sigue siendo un problema significativo que requiere atención para reducir la brecha entre los grupos

socioeconómicos. En el Piedemonte Oriental hay un nivel de desigualdad moderado, ligeramente menor que el promedio general. Sin embargo, la tendencia creciente en el índice de Gini sugiere que la desigualdad podría estar aumentando con el tiempo.

Finalmente, en la región Amazonía se tiene el nivel más bajo de desigualdad entre todas las analizadas. Aunque el índice de Gini es relativamente bajo, sigue siendo preocupante, ya que valores superiores a 0.5 indican una distribución desigual del ingreso. Además, la tendencia decreciente en esta región es un signo positivo, ya que sugiere una reducción en la desigualdad.

En resumen, los resultados muestran un panorama preocupante en términos de desigualdad, con algunas regiones en una situación crítica. Es urgente tomar medidas para revertir estas tendencias y promover una distribución más equitativa de los recursos.

Las ciudades más densamente pobladas tienden a establecer conexiones con áreas periféricas debido a las interacciones de fuerzas centrípetas y centrífugas generadas por la ciudad principal, que atrae tanto a empresas como a personas [36]. De las veinte ciudades con mayor tasa de crecimiento poblacional, trece forman parte de áreas metropolitanas, como Soacha, Facatativá y Zipaquirá en la Sabana de Bogotá; Soledad y Malambo en Barranquilla; Girón y Piedecuesta en Bucaramanga; Envigado, Rionegro y Bello en Medellín; y Valledupar, Santa Marta y Villavicencio. En total, 37 de las 56 ciudades con mayor crecimiento pertenecen o son el núcleo de un área metropolitana. Este fenómeno plantea grandes desafíos para los gobiernos locales en la gestión de las economías y deseconomías de la aglomeración. De las 56 ciudades de rápido crecimiento, quince están en la región Central/Oriental, catorce en la Caribe, doce en la Noroccidental, trece en la Suroccidental, dos en el Piedemonte Oriental y ninguna en la Amazonía.

4.2.2. Huellas y deterioro ambiental en Colombia

Como se observó en el punto anterior, las planicies del Caribe, las elevaciones medias de las cordilleras hacia los valles interandinos y los propios valles han sido los principales lugares de asentamiento humano en Colombia. Estas zonas han sufrido la mayor transformación de los ecosistemas originales, mientras que las tierras bajas de la Amazonia, la Orinoquía y el Pacífico, junto con las vertientes andinas hacia esas regiones, han conservado una mayor proporción de su vegetación "original".

El diagnóstico realizado por Fedesarrollo y el Marron Institute [37] sobre el ordenamiento territorial en Colombia destaca una relación directa y preocupante entre el crecimiento poblacional y el aumento de las huellas ambientales. La urbanización acelerada, la

ocupación informal del suelo, y la expansión de la frontera urbana y rural han intensificado la presión sobre los ecosistemas.

Entre 1990 y 2020, la población urbana en las ciudades más grandes del país creció 1,6 veces, sin embargo, la huella urbana aumentó en 2,1 veces, demostrando un desfase entre ambos, indicando que el uso desproporcionado del suelo urbano, genera impactos negativos tales como, mayores emisiones, costos de infraestructura y presión ambiental [38].

Uno de los peores aspectos, es la invasión de suelos rurales y zonas de conservación, esto es más evidente en municipios como Cartagena del Chairá, Florencia y Tumaco que han perdido entre el 11% y el 20% de sus bosques entre 2000 y 2020, esto es resultado de los procesos de colonización, el uso informal del suelo y la presión sobre la frontera agropecuaria [38].

El área afectada por la intervención humana en Colombia aumentó de 15 millones de hectáreas durante la época de la Conquista Española a 42 millones de hectáreas en el año 2000. Los principales factores de esta transformación fueron la colonización, los cambios demográficos y la expansión de la producción agropecuaria, con diferencias significativas a lo largo del tiempo y del espacio [33].

Aunque Colombia ha sido considerada como un país con una huella ecológica relativamente baja en los últimos años, esto no implica necesariamente que sea ambientalmente sostenible. Más bien, se debe a bajos niveles de consumo, una densidad poblacional relativamente baja y altos niveles de pobreza. Con una población en crecimiento y una mayor demanda de recursos, el país ha entrado en el Antropoceno con un modelo económico que sigue presionando los ecosistemas, llevándolos cada vez más cerca de sus límites de sostenibilidad [38].

En Colombia, se han identificado 85 grandes tipos de ecosistemas, de los cuales el 31,3 % ha sufrido alguna transformación. Los ecosistemas de alta montaña, especialmente en la región andina, han sido particularmente afectados debido a la concentración de la población. Entre 1985 y 2005, la tasa anual de pérdida de los ecosistemas de páramo alcanzó el 17 %. El cambio climático ha intensificado esta transformación, actuando como catalizador. A finales del siglo XIX, Colombia tenía 17 picos nevados, de los cuales 8¹ han desaparecido por deshielo, y se estima que para 2032 estos ecosistemas podrían desaparecer por completo [38].

Aproximadamente el 10,4 % de la superficie de Colombia está compuesta por ecosistemas de agua dulce. Alrededor del 24 % de estos ecosistemas, junto con

aquellos que anteriormente estuvieron cubiertos por humedales, han sufrido algún grado de transformación debido a actividades humanas. Entre los más afectados están la Ciénaga Grande de Santa Marta, el valle medio del río Magdalena, el valle del río Sinú, el valle del río Cauca y el altiplano de Bogotá. Aunque los ecosistemas marinos colombianos se consideran en general aceptables o en buen estado, algunos, como las praderas marinas en la bahía de Cartagena, se ven gravemente afectados por la contaminación y el cambio climático. Los arrecifes coralinos también han sufrido, con el 80 % de los corales del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y de San Bernardo blanqueados en 2005 [39].

Según los libros rojos de especies amenazadas en Colombia, el 2,22 % de las especies en el país están en alguna de las tres categorías de amenaza de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza: Peligro Crítico, Amenazada o Vulnerable. De 1.853 especies de plantas evaluadas, 665 (36 %) están en peligro de extinción. La situación de la fauna terrestre es aún más alarmante: de 284 especies evaluadas, 41 están en Peligro Crítico, 112 Amenazadas y 131 Vulnerables. Si estas tendencias continúan, especies clave como abejas, colibríes, paujiles, loros y monos araña podrían desaparecer. Aunque menos visible, la fauna y flora de ecosistemas acuáticos como ríos, pantanos y lagunas también enfrentan amenazas significativas debido a presiones humanas [40].

El estudio de la demanda y oferta de recursos naturales utilizados por los seres humanos es una herramienta clave, ya que permite comprender el impacto de nuestra especie en la biodiversidad global. Para comparar la demanda de recursos, se calcula la huella ecológica de cada país, que representa el área biológicamente productiva necesaria para abastecer a la población y absorber sus desechos, y se contrasta con la biocapacidad, que es el área biológicamente productiva disponible por persona [10].

En 2016 (medición de 2012), Colombia ocupaba el puesto 92 entre 150 países analizados en cuanto a su huella ecológica, mientras que en biocapacidad se situaba en el puesto 14. La biocapacidad per cápita en Colombia fue de 3,6 hectáreas globales (GHA), gracias en gran parte a su amplia cobertura de ecosistemas forestales. Sin embargo, este indicador ha ido disminuyendo a lo largo de los años; entre 1961 y 1985, pasó de 10 GHA a 6,0 GHA, y entre 1985 y 2012 se redujo a 2,1 GHA. La huella ecológica del país alcanzó 1,9 GHA en 2016 [6].

El comportamiento de estos dos indicadores es crucial para la gestión de la biodiversidad. Mientras la biocapacidad supere la huella ecológica, un país puede contar con

recursos suficientes para mantener a su población. Aunque este es el caso de Colombia, y a pesar de que la huella ecológica se ha mantenido casi constante desde 1961, la tendencia negativa de la biocapacidad per cápita indica una reducción clara de nuestras reservas de recursos. Aun así, la nación posee una base de recursos rica y diversa, lo que ofrece múltiples oportunidades para desarrollar alternativas que sean respetuosas con la biodiversidad, socialmente justas y económicamente viables [6].

La crisis de la biodiversidad en las fronteras de ocupación territorial se agrava con el agotamiento de recursos naturales debido a la expansión y el cambio en el uso de la tierra. La insostenibilidad de los recursos se evidencia en la falta de gestión adecuada de los ecosistemas. Las áreas colonizadas inicialmente fueron productoras de madera, pero la explotación desmedida ha llevado a la reducción de especies y la sobreexplotación de recursos forestales. La biodiversidad forestal está amenazada, con 34 de 54 especies en peligro [8].

La gestión ineficaz también se refleja en el uso no sostenible de la fauna silvestre. Las tendencias de caza y captura muestran una disminución en el tamaño de las presas y la desaparición de especies vulnerables, mientras que especies más pequeñas aumentan en los retornos de caza. El comercio de animales silvestres ha provocado decomisos masivos, destacando la presión sobre estas especies [38].

La pesca continental también se encuentra en crisis, con una disminución drástica del 75% entre 1972 y 2010, afectando a miles de familias rurales. Las pesquerías del Magdalena han colapsado, con una reducción del 85% de las especies desde 1974. Aunque se han intentado establecer acuerdos sociales para el manejo de recursos, como en Fúquene, el colapso ecológico ha impedido su éxito. La pesca ornamental es una excepción, pero enfrenta problemas de sostenibilidad debido al deterioro del agua y la baja remuneración para los pescadores [33].

Finalmente, prácticas extractivas como el pastoreo en ecosistemas naturales, particularmente en páramos y sabanas, han causado degradación ecológica, especialmente cuando se combinan con quemas y otros factores ambientales. La falta de manejo adecuado de estos sistemas ecológicos ha contribuido a la crisis de la biodiversidad [40].

Colombia ha tenido grandes áreas silvestres, algunas de las cuales se incorporaron a sistemas de conservación. Sin embargo, el desarrollo de infraestructura ha tenido un impacto significativo en el medio ambiente, generando fragmentación de los ecosistemas y reduciendo el hábitat de las especies. Las vías han sido una causa importante de deforestación, al facilitar el acceso a zonas antes inaccesibles, especialmente en regiones como el Magdalena Medio y

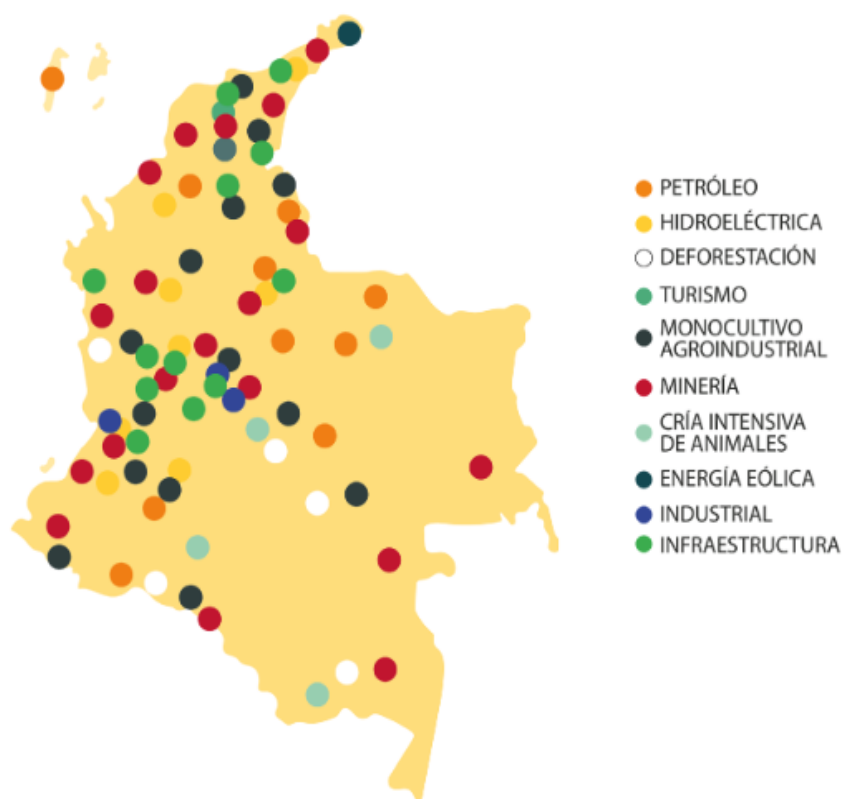
la Amazonia. La proximidad a carreteras y asentamientos está asociada con la pérdida de bosques [32].

Las represas hidroeléctricas también han causado cambios en la biodiversidad, afectando la calidad del agua, los humedales y los ecosistemas de inundación. La migración de peces es particularmente vulnerable a estos cambios. Este impacto ha sido documentado en cuencas como las de los ríos Sinú y Yaguará, y se espera que ocurra en otros proyectos hidroeléctricos como Ituango. Aunque los embalses ofrecen oportunidades de pesca, no hay un balance claro entre los beneficios y las pérdidas ambientales. Además, la protección de las cuencas hidrográficas podría contribuir a la conservación de la biodiversidad, pero el impacto acumulativo de los proyectos hidro energéticos aún no ha sido evaluado adecuadamente [41].

Durante la década de los 90, los cultivos ilícitos causaron la destrucción de importantes ecosistemas, como los bosques de niebla y las selvas de tierras bajas, afectando aproximadamente 102,000 hectáreas en el Pacífico y 12,000 en el Catatumbo. A principios del siglo XXI, estos cultivos se convirtieron en el principal factor de destrucción de los ecosistemas, agravado por el conflicto armado y el desplazamiento causado por la erradicación forzada [42].

El impacto de los cultivos ilícitos no se puede medir fácilmente a nivel local, y está relacionado con la generación de capital local, desplazamientos y políticas de seguridad. A nivel nacional, sus efectos sobre la biodiversidad son poco reconocidos, y están vinculados a mercados globales y políticas nacionales y bilaterales, sin estar alineados con acuerdos internacionales ambientales [42].

El crecimiento de la demanda de materias primas, impulsado por la internacionalización de la economía, ha generado una gran expansión de los sectores minero y energético en Colombia, con significativos impactos sobre la biodiversidad. Entre 2000 y 2010, el Estado otorgó 7264 títulos mineros y tenía 17,479 en trámite, cubriendo 5.8 millones de hectáreas, superando las áreas agrícolas. La minería, tanto legal como ilegal, ha causado la pérdida de biodiversidad, alteración de ríos y cuencas, y cambios en el uso de la tierra [41].

Figura 6.*Mapa de conflictos socioambientales vigentes**Fuente:* Tomada de [43].

En este tipo de conflictos, las comunidades rurales suelen ser las más afectadas, ya que los proyectos o modelos económicos que se intentan imponer en sus territorios a menudo contravienen sus propios intereses. Frecuentemente, la respuesta a estos conflictos implica la imposición violenta de los intereses del capital, que suelen ser ambientalmente destructivos, sobre las necesidades de las comunidades [43].

Como respuesta, tanto en zonas rurales como urbanas, las comunidades se organizan para defender el medio ambiente, la salud y sus medios de vida. En muchos casos, estas luchas se fortalecen con el apoyo de organizaciones no gubernamentales (ONG), universidades y otros sectores de la sociedad civil, lo que da lugar a movimientos socioambientales locales. Estos movimientos se conectan a redes nacionales e internacionales, lo que les permite visibilizar sus luchas, intercambiar ideas y experiencias, formular demandas colectivas y ofrecerse apoyo mutuo y solidario [9].

Con el tiempo, tanto los actores involucrados como las estrategias de acción y diálogo evolucionan, pero los objetivos fundamentales permanecen. Estos incluyen lograr el control

sobre sus territorios y recursos naturales, restaurar las condiciones ecológicas, preservar sus prácticas socioculturales y productivas, decidir su propio futuro y ser tratados con igualdad de derechos y condiciones [44].

La minería de carbón y oro ha provocado la remoción de cobertura vegetal, suelo, y la generación de residuos tóxicos, como el mercurio, afectando la fauna acuática y la salud humana. Los movimientos ciudadanos han empezado a responder ante estos impactos, especialmente en áreas de conservación. Aunque la exploración de hidrocarburos ha fomentado algunos procesos de conservación, los efectos indirectos de estos proyectos en las comunidades y ecosistemas suelen recibir poca atención. Es necesario integrar estas actividades en la gestión de la biodiversidad, revisando el concepto de compensaciones ambientales para mitigar los efectos [41].

El cambio de uso de la tierra en Colombia es uno de los principales factores que impulsan la pérdida de biodiversidad. Según el IDEAM, el 68.8% de los ecosistemas en el país son naturales, mientras que el 23.6% han sido transformados para pastos, cultivos, áreas urbanas y cuerpos de agua artificiales. La transformación de los ecosistemas no solo implica la pérdida de hábitats naturales, sino también la fragmentación del paisaje, degradación del suelo y homogeneización de especies [45].

Durante los años 80 y 90, la cobertura boscosa disminuyó significativamente, con una pérdida anual de 0.15% de las áreas boscosas, exacerbada por cultivos ilícitos en regiones como La Macarena y el piedemonte de la cordillera. Entre 2000 y 2007, la pérdida anual de cobertura boscosa aumentó a 245.666 hectáreas, con una tasa de deforestación del 0.4% anual, mayor al promedio mundial. Este fenómeno de deforestación tiene diversas causas y actores, lo que requiere un análisis diferenciado para comprender las fuerzas socioeconómicas que lo impulsan [31].

La transformación de ecosistemas forestales no es la única causa de pérdida de biodiversidad en Colombia. Las sabanas tropicales también están en riesgo, con tasas de transformación de hasta 100.000 hectáreas por año y una proyección de 1.823.000 hectáreas transformadas para 2020, lo que posicionaría la Orinoquia como una región crítica de pérdida de biodiversidad. El enfoque de conservación actual en bosques y humedales, sin incluir la sabana, pone en peligro la biodiversidad de este bioma [41].

La producción agrícola, especialmente cultivos como arroz, caña de azúcar y maíz, puede generar impactos negativos en la biodiversidad. Sin embargo, los sistemas agrícolas

sostenibles, como algunas plantaciones de café y palma africana, han mostrado efectos positivos [41].

El deterioro de los ecosistemas de aguas dulces es otro problema emergente, agravado por prácticas de drenaje para la agricultura. Estos ecosistemas dinámicos enfrentan la acumulación de impactos negativos como la mortalidad de especies, la acidificación y el aumento de nutrientes, que se agravan en eventos climáticos extremos, como la "ola invernal" de 2011 [46].

La valoración de la biodiversidad en humedales ha cobrado importancia recientemente, impulsada por procesos legales y sociales desde Bogotá. En ecosistemas como los humedales del valle de Ubaté, la relación entre los impactos ambientales y la pérdida de biodiversidad está comenzando a documentarse, con riesgos significativos para la biodiversidad global, especialmente de aves y peces [46].

Es claro que el crecimiento demográfico en Colombia no ha sido neutro ambientalmente, pues se ha basado en aspectos como un modelo de urbanización deficiente, reflejado en políticas públicas ineficientes y que no se articulan entre sí, o que facilita el desarrollo urbano en zonas protegidas o de riesgo ambiental [46].

Se estimularon procesos de deforestación directa e indirecta, lo que agrava las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, que es producido en un 67% por el sector transporte, resultado del crecimiento urbano disperso y desordenado, que ha aumentado considerablemente las distancias de desplazamiento, incrementando el uso de combustibles fósiles y la contaminación atmosférica [46].

4.2.3. Oferta hídrica

Los servicios ecosistémicos son reconocidos por los beneficios que la población obtiene de los ecosistemas, y su relación se establece según las características sociales de cada comunidad. En Colombia, la población aumentó de 4.143.632 habitantes en 1905 a 48.203.405 en 2015. Este crecimiento en un <siglo implica una mayor demanda y necesidad de servicios naturales. Actividades cotidianas, como encender un televisor o cargar un celular, se realizan sin pensar en las cuencas hidrográficas que regulan el suministro de agua para la generación de electricidad [40].

El análisis de la variación futura en la disponibilidad de agua de precipitación revela patrones espaciales y anuales coincidentes en los índices de severidad relativa y variabilidad. No obstante, al examinar los datos mensuales, se observan diferencias significativas, con los

índices de severidad relativa siendo mucho más altos y extendidos en comparación con los de variabilidad [47].

De acuerdo al IDEAM [47], en general, los ecosistemas secos y estacionales del Caribe y parte de la Orinoquia presentan un aumento en estos índices, mientras que algunas zonas más húmedas de los Andes y la Amazonia tienden a experimentar una disminución. Sin embargo, las regiones menos afectadas son Orinoquía y Amazonia, mientras que el Caribe, especialmente la península de la Guajira, es la más impactada.

La península de la Guajira es el área con mayores cambios esperados, ya que casi todos sus ecosistemas están en peligro crítico o en peligro. También se encuentran en peligro algunos ecosistemas en el norte de Norte de Santander y una amplia franja en la región central de Arauca y Casanare. Además, algunos ecosistemas costeros de baja representación en la costa atlántica, especialmente en la Ciénaga Grande de Santa Marta, están clasificados como vulnerables [46].

Según la Unidad de Planeación Minero Energética UPME [48], el 70 % de la energía consumida en Colombia en 2015 provino de hidroeléctricas, lo que resalta la importancia de conservar estas cuencas y los ecosistemas que regulan su caudal. En cuanto a la oferta hídrica, se estima que en 1985 era de 60.000 m³ por habitante al año, pero se redujo a menos de 45.000 m³ por habitante en 2014. Si los hábitos de uso y consumo actuales se mantienen, se proyecta que en 40 años la disponibilidad de agua anual por persona podría descender a 1.000 m³.

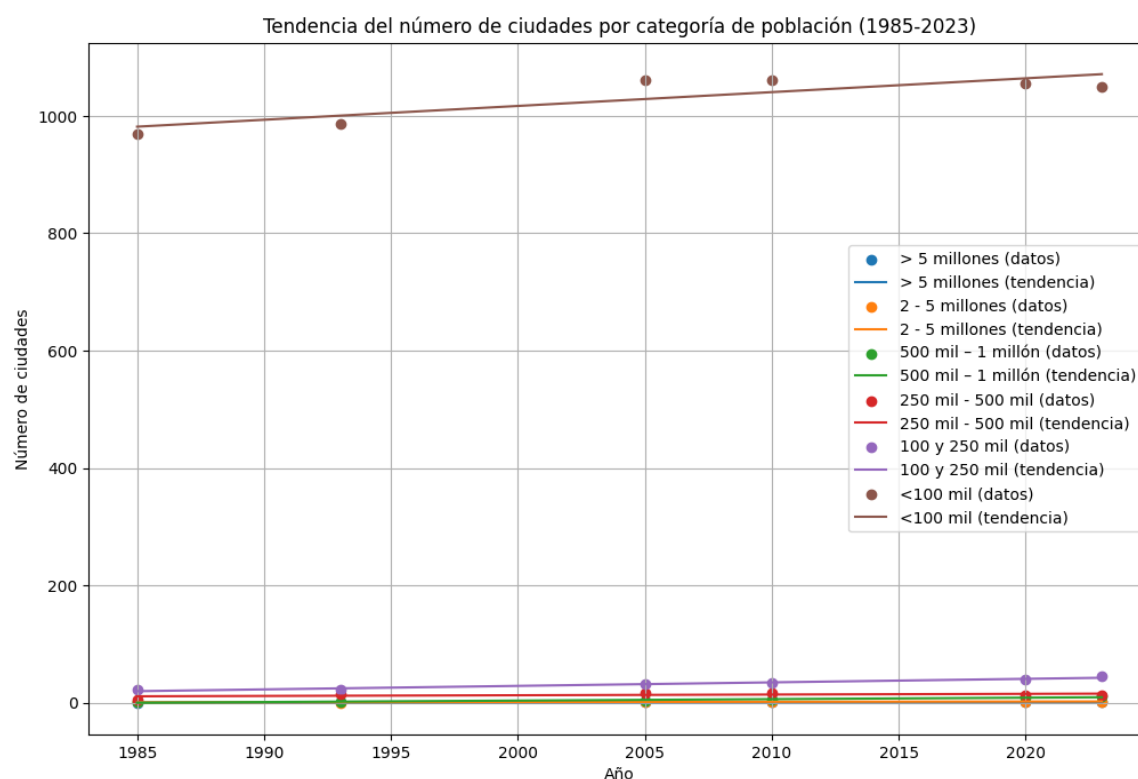
4.2.4. Análisis

Para realizar un análisis de regresión lineal de los datos mencionados, es necesario seleccionar una variable dependiente y una o más variables independientes con las que se intentará modelar una relación lineal. En este caso, podríamos utilizar los años como variable independiente y la población de diferentes ciudades o el crecimiento urbano en distintas regiones como variables dependientes [6], [12].

El análisis lineal para las ciudades con una población entre 500 mil y 1 millón de habitantes muestra una fuerte relación positiva entre los años y el crecimiento del número de estas ciudades. El modelo de regresión lineal explica un 79.5% de la varianza en los datos, lo cual es bastante alto. El coeficiente para el año es positivo (0.2039), indicando que, en promedio, el número de ciudades en esta categoría aumenta en aproximadamente 0.2 ciudades por año.

Figura 7.

Regresión lineal ciudades con poblaciones entre 500 mil y 1 millón 1985-2023



Fuente: Elaboración propia

El valor p asociado al coeficiente del año es 0.042, lo que sugiere que esta relación es estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Esto significa que el crecimiento en el número de ciudades en esta categoría está significativamente relacionado con el paso del tiempo. Sin embargo, dado que solo se utilizaron cinco observaciones, hay ciertas limitaciones, como lo indican algunas advertencias sobre normalidad y multicolinealidad. En resumen, el número de ciudades con población entre 500 mil y 1 millón ha aumentado de manera significativa en el período estudiado (1985-2023), y este crecimiento parece continuar estable.

Tabla 9.

Estimaciones de calidad del agua

Variables Regresores	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Logaritmo del Indicador	-0,331	-0,202	-0,879	-0,739	-0,286	-0,132
Importancia Económica municipal	ee (1,157)	(1,116)	(1,218)	(1,169)	(1,165)	(1,127)
(LogPIB1)	p (0,775)	(0,856)	(0,472)	(0,529)	(0,806)	(0,906)
Logaritmo del Indicador	0,017	-0,012	0,12	0,089	0,013	-0,019

Variables Regresores		(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Importancia Económica municipal al cuadrado	ee	-0,2	-0,194	-0,213	-0,205	-0,201	-0,195
(LogPIB2)	p	(0,932)	(0,951)	(0,573)	(0,664)	(0,947)	(0,921)
Logaritmo del Indicador		0,001	0,003	-0,004	-0,002	0,0014	0,004
Importancia Económica municipal al cubo	ee	(0,011)	(0,01)	(0,012)	(0,011)	(0,011)	(0,011)
(LogPIB3)	p	(0,907)	(0,748)	(0,7)	(0,839)	(0,901)	(0,732)
Tendencia (TEND)		0,031	0,048	0,037	0,055	0,034	0,054
	ee	(0,01)	(0,012)	(0,01)	(0,013)	(0,01)	(0,013)
	p	(0,002)	(0,0002)	(0,0005)	(0,0001)	(0,001)	(0,0001)
Logaritmo de la Población			-1,179	-1,164	-1,26		
(LogPOB)	ee		(0,419)		(0,426)		(0,424)
	p		(0,006)		(0,007)		(0,003)
Logaritmo de Producción Industrial Total				-0,11	-0,108		
(LogPROT)				(0,052)	(0,05)		
	p			(0,04)	(0,037)		
Producción Industrias altamente contaminantes (PROC)						4,27E-12	5,80e-12
	ee					(3,86e-12)	(3,90e-12)
	p					-0,272	-0,14
constante		0,392	12,318	3,613	15,311	0,228	12,917
	ee	(2,182)	(4,909)	(2,778)	(5,41)	(2,207)	(4,949)
	p	(0,857)	(0,014)	(0,196)	(0,005)	(0,917)	(0,01)
Estadísticas							
I		87	87	87	87	87	87
T		4	4	4	4	4	4
N		348	348	348	348	348	348
R2		0,06	0,081	0,071	0,093	0,063	0,087

Fuente: Tomado de [14]

El análisis de los datos presentados en la tabla 9, muestra los resultados de una serie de regresiones lineales con diferentes especificaciones de regresores. A continuación, se ofrece un resumen de los aspectos más relevantes:

El Logaritmo del Indicador es la variable dependiente en las diferentes especificaciones. Los coeficientes asociados con esta variable oscilan entre valores negativos (e.g., -0.331, -0.879), lo que indica una relación inversa con la variable dependiente en la mayoría de las regresiones.

En la mayoría de los casos, la Importancia Económica Municipal tiene coeficientes negativos y significativos (valores de p cercanos o inferiores a 0.05), lo que sugiere que un

aumento en la importancia económica municipal tiene un efecto negativo en la variable dependiente. La relación cuadrática y cúbica también es negativa, lo que podría indicar una disminución acelerada en los efectos a medida que aumentan estos indicadores.

La variable Tendencia tiene un coeficiente positivo en todas las regresiones, lo que indica una tendencia creciente en la variable dependiente a lo largo del tiempo. Los valores de p sugieren que este resultado es estadísticamente significativo.

El Logaritmo de la Población (LogPOB), donde se incluye, el coeficiente es negativo y significativo, lo que sugiere que un aumento en la población reduce la variable dependiente. En cuanto al Logaritmo de Producción Industrial Total (LogPROT), tiene un coeficiente negativo, pero parece que no es estadísticamente significativo en las regresiones donde aparece ($p > 0.05$).

La variable de Producción de Industrias Altamente Contaminantes (PROC), se encuentra que los coeficientes asociados a esta variable son muy pequeños y no parecen tener un efecto significativo en la mayoría de los modelos (valores de $p > 0.05$).

La constante varía ampliamente entre las diferentes especificaciones, desde 0.228 hasta 15.311. Los valores de p asociados a la constante sugieren que en algunas especificaciones es significativa, mientras que en otras no.

Se establece entonces de los hallazgos de la tabla 9, que la importancia económica municipal tiene un efecto negativo en la variable dependiente, mientras que la tendencia temporal tiene un impacto positivo. Las demás variables tienen efectos mixtos y, en algunos casos, no son significativas. Los modelos explican una pequeña parte de la variabilidad de la variable dependiente, lo que sugiere que podrían faltar variables explicativas importantes o que la relación entre las variables es débil. Es decir que entre mayor sea el municipio y su población, mayor será el impacto en relación con la calidad del agua, afectándola negativamente.

Tabla 10.

Estimaciones del panel de contaminación del aire

Variables Regresores		(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Logaritmo del Indicador		1,168	1,731	1,515	1,53	1,838	1,882
Importancia Económica municipal	ee	(1,082)	(1,078)	(1,066)	(1,056)	(1,078)	(1,075)
(LogPIB1)	p	(0,125)	(0,114)	(0,161)	(0,153)	(0,094)	(0,086)
Logaritmo del Indicador		-0,163	-0,172	-0,154	-0,156	-0,185	-0,194
Importancia Económica municipal al cuadrado	ee	(0,136)	(0,135)	(0,134)	(0,133)	(0,136)	(0,135)

Variables Regresores		(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
(LogPIB2)	p	(0,237)	(0,211)	(0,257)	(0,246)	(0,179)	(0,158)
Logaritmo del Indicador		0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,005
Importancia Económica municipal al cubo	ee	(0,005)	(0,005)	(0,005)	(0,053)	(0,006)	(0,006)
(LogPIB3)	p	(0,564)	(0,509)	(0,495)	(0,484)	(0,439)	(0,390)
Tendencia (TEND)		0,014	0,007	0,006	0,005	0,015	0,009
	ee	(0,007)	(0,010)	(0,008)	(0,009)	(0,008)	(0,010)
	p	(0,072)	(0,491)	(0,474)	(0,615)	(0,046)	(0,389)
Logaritmo de la Población			0,593		0,112		0,604
(LogPOB)	ee		(0,527)		(0,579)		(0,521)
	p		(0,266)		(0,846)		(0,251)
Logaritmo de Producción Industrial Total				0,117	0,112		
(LogPROT)				(0,040)	(0,047)		
	p			(0,005)	(0,022)		
Producción Industrias altamente contaminantes (PROC)						8,49e-12	8,56e-12
	ee					(2,94e-12)	(2,91e-12)
	p					(0,005)	(0,005)
constante		-0,516	-7,424	-2,645	-3,871	-0,948	-7,991
	ee	(2,719)	(6,438)	(2,800)	(6,389)	(2,712)	(6,389)
	p	(0,850)	(0,254)	(0,349)	(0,547)	(0,728)	(0,216)
Estadísticas							
I		87	87	87	87	87	87
T		4	4	4	4	4	4
N		357	357	357	357	357	357
R2		0,066	0,072	0,088	0,089	0,08	0,085

Fuente: Tomado de [14]

La tabla 10 muestra los resultados de un conjunto de regresiones lineales múltiples, con distintas especificaciones de variables explicativas (regresores) y sus respectivos coeficientes, errores estándar (ee) y valores p (p).

Se observa como el coeficiente del Logaritmo del Indicador es positivo en todas las especificaciones (oscilando entre 1.168 y 1.882), lo que sugiere una relación positiva entre esta variable y la variable dependiente. Esto significa que un incremento en el Logaritmo del Indicador está asociado con un incremento en la variable dependiente. Sin embargo, los errores estándar (entre 1.056 y 1.082) son relativamente grandes en comparación con los coeficientes, lo que indica que la precisión de estos coeficientes no es alta.

En cuanto a los valores p asociados a esta variable son muy pequeños (inferiores a 0.2), lo que implica que la variable es estadísticamente significativa.

La importancia económica municipal (al cubo, cuadrado y lineal) muestra coeficientes tanto negativos como positivos, pero los coeficientes tienden a ser muy pequeños (entre -0.194 y 0.005), lo que sugiere una relación no lineal entre la importancia económica municipal y la variable dependiente. Es necesario destacar que los errores estándar para estas variables también son relativamente grandes en comparación con los coeficientes, lo que sugiere una baja precisión en estas estimaciones.

Los valores p de la importancia económica municipal al cuadrado y al cubo (LogPIB2 y LogPIB3) son superiores a 0.1 en la mayoría de las especificaciones, lo que indica que estas variables no son estadísticamente significativas.

La variable de tendencia tiene un coeficiente positivo en todas las especificaciones, lo que sugiere que, en promedio, existe una tendencia creciente en la variable dependiente a lo largo del tiempo. No obstante, los valores p para esta variable son superiores a 0.05 en la mayoría de los modelos (salvo en el modelo 11), lo que indica que, en general, la tendencia no es estadísticamente significativa. El único caso significativo es en la especificación (11), con un valor p de 0.046.

Cuando se incluye en los modelos (8, 10, y 12), el Logaritmo de la Población tiene coeficientes positivos (entre 0.112 y 0.604), lo que sugiere que a medida que aumenta la población, la variable dependiente también aumenta. No obstante, los valores p son mayores a 0.1, lo que sugiere que estos coeficientes no son estadísticamente significativos.

En las filas (10) y (11), el Logaritmo de Producción Industrial Total muestra un coeficiente positivo (0.117 y 0.112 respectivamente) y estadísticamente significativo, con valores p menores a 0.05. Esto sugiere que la producción industrial tiene un efecto positivo en la variable dependiente.

En las filas (11) y (12), la variable de Producción de Industrias Altamente Contaminantes tiene coeficientes muy pequeños pero positivos (del orden de 10^{-12}), y los valores p son menores a 0.05, lo que indica que esta variable es estadísticamente significativa. Aunque su efecto parece ser muy pequeño, es estadísticamente relevante.

La constante varía mucho entre las especificaciones, desde -0.516 hasta -7.991. Sin embargo, en la mayoría de los casos, los valores p asociados son mayores a 0.1, lo que sugiere que la constante no es estadísticamente significativa en la mayoría de los modelos.

Los valores de R^2 varían entre 0.066 y 0.089 en todas las especificaciones, lo que indica que los modelos explican una proporción relativamente pequeña de la variabilidad en la variable dependiente. En otras palabras, solo entre el 6.6% y el 8.9% de la variación en la variable dependiente es explicada por los regresores en estos modelos.

Los modelos indican que algunas variables, como el "Logaritmo del Indicador", son estadísticamente significativas y tienen una relación positiva con la variable dependiente. Sin embargo, otras variables como la "Importancia Económica Municipal" no muestran una relación significativa o su relación es débil.

Precisión del modelo: El bajo valor de R^2 sugiere que los modelos tienen una capacidad limitada para explicar la variación en la variable dependiente. Esto podría deberse a la falta de variables explicativas relevantes o a la naturaleza intrínsecamente compleja del fenómeno en estudio. La producción industrial total y las industrias altamente contaminantes parecen tener efectos positivos pequeños pero significativos en algunas especificaciones.

Este análisis sugiere que, aunque algunos factores son relevantes, es probable que existan otros determinantes no considerados que estén influyendo en la variable dependiente.

4.3. Afectaciones ambientales generadas a partir del crecimiento poblacional en Colombia en el periodo 2013-2023

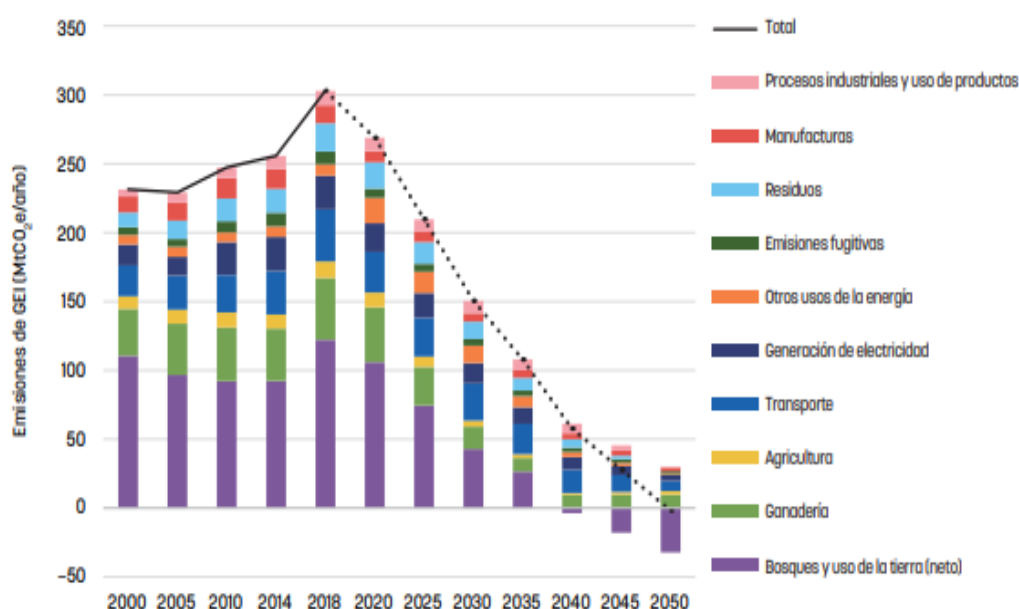
El análisis de la demanda y la oferta de recursos naturales utilizados por los seres humanos es una importante herramienta para entender el impacto de nuestra especie sobre la biodiversidad en todo el planeta. Con el fin de comparar la demanda de recursos, para cada país se calcula la huella ecológica, entendida como el área biológicamente productiva que se requiere para suministrar los recursos usados por la población y para absorber sus residuos, y se compara con la biocapacidad, es decir, el área biológicamente productiva disponible per cápita.

En 2016 (medición de 2012) Colombia se ubicaba en el puesto 92 entre 150 países analizados por su huella ecológica, mientras que por su biocapacidad ocupaba el puesto 14. La biocapacidad per cápita total para Colombia fue de 3,6 hectáreas globales (GHA, por su nombre en inglés), lo cual, en gran medida, se puede atribuir a la considerable extensión de sus ecosistemas forestales. Sin embargo, este indicador ha disminuido a lo largo de los años. Entre 1961 y 1985, pasó de 10 a 6,0 GHA, y entre 1985 y 2012 se redujo a 2,1 GHA. La huella ecológica de Colombia alcanzó 1,9 GHA en 2016. El comportamiento de estos dos indicadores es una señal importante para la gestión de la biodiversidad. Mientras la biocapacidad se

encuentre por encima de la huella ecológica, un país podrá contar con una reserva de recursos para mantener su población. Aunque este es el caso de Colombia, y a pesar de que la huella ecológica se ha mantenido prácticamente estable desde 1961, la tendencia negativa de la biocapacidad per cápita sugiere que nuestras reservas de recursos están en franca reducción. Sin embargo, la nación aún cuenta con una base de recursos rica y diversa, que ofrece múltiples oportunidades para buscar vías alternas de desarrollo, amigables con la biodiversidad, socialmente justas y económicamente viables [6].

Figura 8.

Proyección de emisiones históricas 2000-2050



Fuente: Tomado de [6].

El 40% del territorio nacional presenta suelos erosionados, del cual el 3% se considera severo, lo que tiende a aumentar como resultado de la sobreexplotación del suelo, lo que iría aunado a la pérdida de la capacidad productiva, derivado del aumento progresivo de la presión poblacional sobre las áreas no aptas [6].

Otro aspecto que es preocupante es el aumento de la concentración de la tierra, que se refleja en el índice GINI que mide este aspecto, y que alcanza el 0,73, lo que demuestra una distribución desigual con grandes extensiones de tierra rural en manos de unas pocas personas y alta fragmentación de la misma para la mayoría de la población rural menos favorecida. Generando así, un déficit de vivienda rural (54,6%), que indica que el crecimiento poblacional que impulsa la expansión informal y desordenada que tiende a seguir creciendo, tanto en las

grandes ciudades como en el campo, y afecta de manera directa los suelos naturales y agrícolas en la actualidad y a futuro [6].

Teóricamente, Colombia tiene la posibilidad de lograr su objetivo de cero emisiones netas para 2050, pero esto exigirá esfuerzos verdaderamente transformadores. Aunque la agricultura, la silvicultura y otros usos de la tierra son actualmente la principal fuente de emisiones, un crecimiento económico sólido generará incrementos significativos en las emisiones de CO₂ del sector energético en un escenario sin cambios. Por lo tanto, aunque las iniciativas a corto plazo pueden enfocarse en este segmento, una estrategia a largo plazo deberá abordar el rápido aumento de las emisiones en el sector energético para evitar la dependencia de este [9].

Esta transformación necesitará una profunda descarbonización del sector, centrándose en la generación de electricidad, el transporte y, en menor medida, las industrias. Aunque más del 70% de la electricidad en Colombia proviene de fuentes hidroeléctricas, una descarbonización efectiva requerirá cambios a gran escala en las fuentes energéticas. Aunque no se puede predecir con certeza la combinación ideal de generación eléctrica futura, los escenarios indican la relevancia de los recursos renovables, el hidrógeno, los biocombustibles de segunda y tercera generación, y la importancia de la captura, utilización y almacenamiento de carbono. La transformación del sector del transporte demandará un aumento en las alternativas al transporte por carretera, como el transporte masivo, ferroviario y la movilidad no motorizada, así como la adopción de vehículos eléctricos, incluso en el sector de carga [49].

La proyección ambiental de Colombia es de alta preocupación debido a las diversas afectaciones ambientales derivadas de la explotación de recursos naturales, como la minería y la extracción de petróleo y gas. A pesar de que el sector minero contribuye solo un pequeño porcentaje al PIB del país (1.66%), los riesgos ambientales asociados a estas actividades son significativos. Comparados con otros países como Perú y Chile, Colombia tiene un menor número de concesiones mineras, pero su impacto ambiental es igualmente preocupante, especialmente en ecosistemas vulnerables como los bosques y humedales [49].

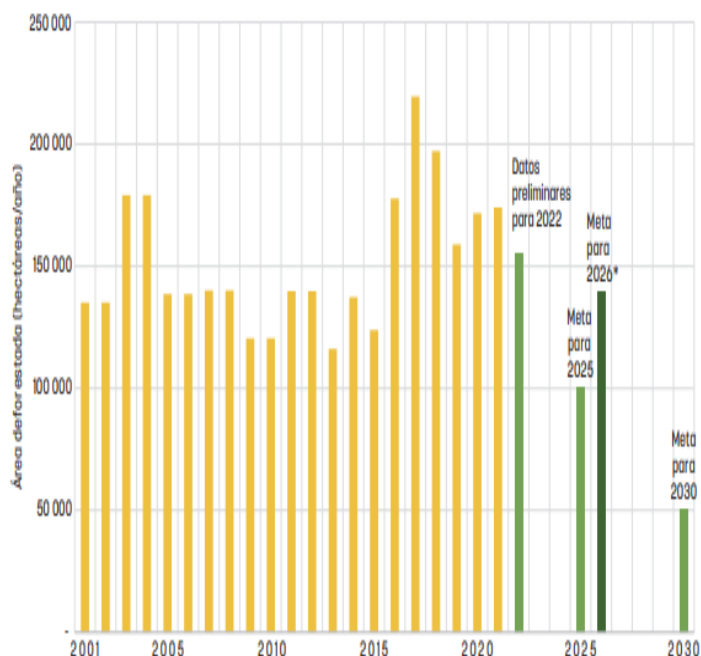
El futuro ambiental de Colombia incluye desafíos importantes en cuanto a la gestión de los pasivos ambientales, particularmente en áreas con alta biodiversidad, como los departamentos de Guainía, Amazonas y Chocó, que también son zonas afectadas por la minería ilegal. Estos pasivos no solo generan pérdida de biodiversidad, sino que también agravan las tensiones socioambientales en comunidades vulnerables, especialmente las afrodescendientes e indígenas [34].

A pesar de ser un país megadiverso, Colombia enfrenta grandes dificultades para gestionar adecuadamente sus recursos naturales, lo que está directamente relacionado con políticas regulatorias débiles, exenciones fiscales al sector minero y la falta de auditorías eficaces. Además, la alta vulnerabilidad de los ecosistemas colombianos al cambio climático y las condiciones de pobreza multidimensional en las regiones afectadas aumentan la gravedad de los impactos socioambientales.

En este sentido, la proyección ambiental de Colombia es la de una nación que enfrenta un alto riesgo de deterioro ecológico si no se implementan políticas de manejo ambiental más estrictas y una mayor presencia gubernamental en áreas afectadas por actividades extractivas, especialmente en zonas de minería ilegal. Sin un enfoque integral y preventivo, es probable que los pasivos ambientales sigan aumentando, poniendo en peligro la biodiversidad del país y la calidad de vida de sus comunidades vulnerables [50].

El crecimiento poblacional en Colombia tiene un impacto significativo sobre el medio ambiente, y las proyecciones indican que este fenómeno continuará exacerbando las presiones sobre los recursos naturales y los ecosistemas en el futuro. A continuación, se destacan algunas de las principales afectaciones ambientales proyectadas a partir del aumento de la población [8].

A medida que la población crece, la demanda de tierras para vivienda, agricultura y desarrollo de infraestructura aumenta, lo que provoca la expansión de la frontera agrícola y la deforestación en áreas clave, como la Amazonía, la Orinoquía y el Chocó biogeográfico. Esto no solo reduce los hábitats naturales, sino que fragmenta los ecosistemas, afectando la biodiversidad del país, que es una de las más ricas del mundo [8].

Figura 9.*Proyección de la deforestación en Colombia 2030**Fuente:* Tomado de [6]

Aproximadamente el 24% de los ecosistemas en Colombia está gravemente amenazado o en riesgo de colapso, principalmente debido a la deforestación. Se estima que para 2030, el deterioro de estos ecosistemas podría reducir el crecimiento del PIB en un 13%, afectando principalmente a las poblaciones más pobres que dependen de los recursos naturales. La deforestación también amenaza la biodiversidad y servicios ecosistémicos clave, como la regulación de temperatura, el agua, la conservación del suelo y el suministro de alimentos. Además, podría reducir el potencial económico de la bioeconomía, que se estima en USD 7400 millones, y del turismo [6].

El crecimiento de la población también ejerce presión sobre las fuentes de agua dulce, ya que aumenta la demanda de agua para consumo humano, agricultura e industria. En zonas urbanas, la escasez de agua ya es un problema, ejemplo claro lo que está sucediendo en Bogotá, con una mayor población, esta situación podría empeorar, especialmente en áreas vulnerables como los Andes y las regiones costeras [51].

Con más personas concentradas en zonas urbanas, el aumento de vehículos, industrias y actividades económicas genera mayores niveles de emisiones contaminantes al aire y a los cuerpos de agua. Las ciudades de Colombia, como Bogotá y Medellín, ya enfrentan problemas

de calidad del aire, y con un crecimiento demográfico proyectado, estas condiciones podrían empeorar, afectando la salud pública y los ecosistemas acuáticos [51].

El crecimiento de las ciudades requiere más espacio, lo que provoca la conversión de áreas rurales y naturales en urbanas. Este proceso de urbanización descontrolada puede llevar a la degradación del suelo, la pérdida de tierras agrícolas productivas y la creación de asentamientos informales, con poca planificación urbana y una gestión inadecuada de los residuos sólidos [43].

Una mayor población genera más residuos, y el manejo inadecuado de estos desechos puede afectar el suelo, el agua y el aire. A medida que las ciudades crecen, la infraestructura para gestionar adecuadamente los residuos no siempre avanza al mismo ritmo, lo que podría llevar a un incremento en la contaminación por basuras y residuos tóxicos [31].

La creciente demanda de alimentos y materias primas derivadas de un aumento en la población impulsa la expansión de monocultivos, como la palma de aceite y la caña de azúcar, que pueden tener impactos ambientales severos, como la pérdida de biodiversidad y la contaminación de suelos y fuentes hídricas por el uso intensivo de agroquímicos [31].

El crecimiento poblacional sin control, especialmente en áreas propensas a desastres como zonas costeras o regiones andinas, aumenta la exposición de las personas a eventos climáticos extremos, como inundaciones, deslizamientos de tierra y sequías. Además, la expansión de asentamientos en áreas de riesgo sin una adecuada planificación urbanística puede incrementar las pérdidas humanas y económicas en caso de desastres naturales [31].

Con más población, aumenta la demanda de energía, lo que puede llevar a la sobreexplotación de fuentes no renovables y a mayores emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Aunque Colombia tiene un alto potencial para el desarrollo de energías renovables (hidroeléctrica, solar y eólica), el ritmo del crecimiento poblacional y económico puede dificultar una transición rápida hacia fuentes más sostenibles [45].

El aumento de la población genera una presión descontrolada sobre los ecosistemas estratégicos, especialmente cuando no se cuenta con una gestión territorial adecuada, acelerando efectos negativos como la deforestación y la ocupación por parte de las personas, en especial las menos favorecidas y que se ven desplazadas de sus zonas de origen, de las zonas rurales y de conservación.

Algunos ecosistemas que son vitales, como es el caso de los páramos, humedales, bosques secos y selvas como la amazónica, que se encuentran en riesgo de fragmentación irreversible. En este escenario futuro, Colombia enfrenta una pérdida masiva de biodiversidad,

lo que afecta no solo el patrimonio ecológico, sino también los servicios ecosistémicos esenciales para la preservación de la vida humana, como son el agua, el aire y los alimentos.

El crecimiento desenfrenado de las ciudades, que además se enfrentan a una urbanización dispersa e incontrolada, hace que la huella urbana crezca más rápido que la población, lo que genera a futuro mayor uso del suelo per cápita, con un aumento de emisiones resultado de un transporte público masificado y un crecimiento desmesurado en el consumo de la energía eléctrica, así como una infraestructura pública costosa y poco eficiente.

Ciudades como Bogotá, Cali y Medellín, así como sus zonas metropolitanas y periferias, se convertirán a corto y mediano plazo, en zonas de alta vulnerabilidad climática y social, especialmente en aquellas poblaciones que viven en condiciones de pobreza y vulnerabilidad.

A pesar de que se cuenta con un sistema de monitoreo MRV, se ha evidenciado como la generación de energía eléctrica, el transporte público, la deforestación y la expansión agropecuaria, se encuentran estrechamente relacionadas con la elevada presión demográfica. Es así como, las grandes ciudades en los últimos años se han elevado los niveles de emisiones de gases asociados al transporte, la construcción y la industria, lo que impacta sobre las áreas forestales que están perdiendo de manera acelerada cobertura vegetal fundamental para la supervivencia de la especie humana. El sistema de monitoreo también ha permitido evidenciar que los departamentos con mayores riesgos asociados al riesgo climático son la Amazonía, el Caribe y San Andrés.

En relación con la seguridad alimentaria y nutricional, se encontró que el 63,7% de la población está en mayor riesgo de eficiencia energética en su dieta, y el 16% consume en exceso, lo que es un reflejo de una doble problemática que implica pobreza y malnutrición, que se agrava por las presiones ejercidas sobre los sistemas alimentarios por el crecimiento poblacional. De otro lado, la expansión de las zonas de cultivos agrícolas intensivos no ha implicado que se desarrolle o genere una verdadera seguridad alimentaria sostenible, por el contrario, trae consigo la degradación del suelo y la dependencia de los monocultivos.

En la actualidad la población colombiana asciende a 51,5 millones de habitantes, de acuerdo a las proyecciones hechas por el DANE [4], donde el 77% vive en las cabeceras municipales, el 15,8% en el área rural dispersa. Otro aspecto a tener en cuenta, es como los 4,5 millones de afrodescendientes y los 2 millones de indígenas, viven en condiciones de vulnerabilidad ambiental.

En la tabla se observan las metas propuestas desde el Gobierno Nacional y lo que se busca lograr con ellas,

Tabla 11.

Metas propuestas por el Gobierno Nacional para mejorar el futuro ambiental

Sector	Metas 2030	Transformación 2050	Reducciones requeridas
Silvicultura y otros usos de la tierra	Limitar la deforestación anual a 37,500 hectáreas, reforestar 25,000 hectáreas y restaurar 5.8 millones de hectáreas de tierras	Freno casi total a la deforestación y expansión de sistemas agroforestales.	Se espera reducir 134 MtCO ₂ e, lo que implica una disminución del 110%. Este sector tiene un gran potencial para secuestrar carbono, ofreciendo oportunidades para compensar emisiones en otros sectores.
Agricultura	Intensificar de manera sostenible 3.2 millones de hectáreas de tierras agrícolas.	Aumento en la producción de biomasa y mejoras en la productividad agrícola.	Se proyecta una reducción de 9 MtCO ₂ e, equivalentes a una disminución del 79%. La implementación de tecnologías y el uso eficiente de fertilizantes son clave.
Ganadería	Transformar 16.3 millones de hectáreas de sistemas ganaderos a prácticas sostenibles.	Reducir la expansión de pasturas y aumentar la densidad de ganado.	Se espera una reducción de 54 MtCO ₂ e, representando una disminución del 121%. Intensificar la producción ganadera podría liberar tierras para cultivos.
Transporte	Alcanzar un 67% de transporte público eléctrico y un 20% de carga transportada por ferrocarril.	Enfocarse en la planificación urbana y la electrificación del transporte público.	Se anticipa una reducción de 31 MtCO ₂ e, equivalente a una disminución del 81%. Promover alternativas de transporte no motorizado es crucial.
Energía	Instalar 24 GW de electricidad renovable.	Aumentar la proporción de energías renovables en la matriz energética y mejorar las redes de transmisión.	Se proyecta una reducción de 20 MtCO ₂ e, lo que corresponde a una disminución del 83%. La implementación de tecnologías de almacenamiento es fundamental.
Procesos industriales	Lograr que el 2% de la energía industrial provenga de hidrógeno verde.	Electrificar en gran medida el sector industrial, complementado con hidrógeno verde.	Se prevé una reducción de 10 MtCO ₂ e, equivalente a una disminución del 92%. La electrificación es clave para disminuir la huella de carbono industrial

Fuente: Adaptado de [6]

Colombia enfrenta el desafío de realizar transiciones climáticas y alcanzar sus objetivos de desarrollo en un contexto macroeconómico limitado, con escaso margen para financiar las

inversiones necesarias en adaptación, mitigación y gestión de riesgos de transición mediante un aumento de la deuda pública o externa [6].

Para lograr estos objetivos climáticos y de desarrollo, se prevé un incremento en el gasto público, lo que requerirá mayores ingresos tributarios, incluyendo un posible aumento en el precio del carbono. También es esencial implementar medidas para aumentar la productividad y diversificar las exportaciones, así como establecer programas que mitiguen el impacto del aumento de los precios de la energía en los sectores más vulnerables y fomentar la recalificación de la fuerza laboral.

Además, es fundamental desarrollar el sector financiero verde para movilizar los recursos necesarios para las transiciones climáticas y alcanzar los objetivos de desarrollo. Esto incluye el uso de una taxonomía verde, la mejora en la evaluación y divulgación de riesgos financieros asociados al clima, y la creación de instrumentos de financiamiento climático adaptados a los diversos perfiles de riesgo y rendimiento de los inversionistas potenciales [52].

La proyección de la situación ambiental en Colombia a futuro se puede entender como una serie de desafíos y riesgos importantes, impulsados por el cambio climático y las condiciones ambientales. Los siguientes puntos clave permiten proyectar la situación ambiental del país en las próximas décadas [52].

De acuerdo al Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible [49], el cambio climático está afectando principalmente a las regiones más cálidas, como la región Caribe. Los departamentos como Atlántico, Bolívar y Córdoba ya están experimentando un alto número de muertes prematuras relacionadas con el calor, y esta tendencia podría intensificarse. Para el año 2040, se espera que los efectos del calor superen a los del frío, lo que podría generar un aumento significativo en las tasas de mortalidad atribuibles al calor si no se toman medidas de mitigación adecuadas.

Dado que la región Caribe ha sido la más afectada por el calor, es probable que esta zona continúe experimentando el mayor impacto del calentamiento global. Esto podría tener repercusiones no solo en la salud pública, sino también en la agricultura, los ecosistemas y las infraestructuras de la región.

El fenómeno ENOS (El Niño Oscilación del Sur) influye en las fluctuaciones de la mortalidad por calor y se espera que continúe generando anomalías climáticas, como olas de calor más frecuentes e intensas en el futuro. Estas olas de calor aumentarán las presiones sobre los sistemas de salud y las comunidades vulnerables [9].

Aunque los hombres mayores de 70 años son los más afectados por la mortalidad atribuible al calor y al frío, los hombres jóvenes también se ven gravemente afectados por causas externas, como homicidios y accidentes de tráfico, exacerbados por el calor. Esto refleja que el impacto del cambio climático no solo afecta la salud física, sino también la estabilidad social y la seguridad en ciertos grupos de la población.

Las pérdidas económicas acumuladas debido a la mortalidad prematura relacionada con temperaturas extremas ya han ascendido a entre el 0,1% y el 0,4% del PIB en 2019. Se espera que este costo económico continúe creciendo a medida que aumenten los impactos del cambio climático, especialmente si las tasas de mortalidad atribuibles al calor aumentan en un 63% para 2050 bajo el escenario SSP5–8.5 (un escenario de altas emisiones [31]).

En términos de mitigación del cambio climático, se proyecta que si Colombia adopta medidas que limiten el calentamiento global a un escenario SSP1–1.9 (escenario de bajas emisiones), las tasas de mortalidad atribuibles al calor disminuirían un 14% entre 2020 y 2050. Esto indica que las políticas ambientales que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero no solo tendrían beneficios climáticos, sino también significativos con beneficios para la salud pública [9].

De acuerdo a todos los puntos establecidos, las proyecciones clave para los próximos años en Colombia son:

Áreas urbanas: La población urbana seguirá aumentando, lo que probablemente generará problemas relacionados con la calidad del aire, la congestión y la gestión de residuos.

Regiones rurales y ecosistemas: La expansión agrícola, la deforestación y la extracción de recursos afectarán gravemente los ecosistemas naturales, reduciendo la capacidad del país para mitigar y adaptarse al cambio climático.

Cambio climático: La interacción entre el crecimiento poblacional y el cambio climático podría agravar la vulnerabilidad de las comunidades, con impactos en la seguridad alimentaria y los desastres naturales.

Si no se implementan medidas eficaces para mitigar el cambio climático, Colombia enfrentará un aumento significativo en las muertes atribuibles al calor, especialmente en la región Caribe. Esto afectará desproporcionadamente a las poblaciones vulnerables y provocará mayores costos económicos y sociales, exacerbando la pobreza y los conflictos sociales en algunas regiones.

La situación ambiental en Colombia se proyecta como un desafío complejo, con riesgos graves de aumento de la mortalidad y pérdidas económicas, especialmente en las regiones más cálidas. Sin embargo, con una adecuada gestión de políticas de mitigación y adaptación, se podría reducir significativamente el impacto del cambio climático sobre la salud y la economía del país.

Los nuevos escenarios de cambio climático en Colombia, desarrollados para la Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, proyectan un aumento de la temperatura media en 2,14 °C hacia finales del siglo XXI, en comparación con los niveles de 1970-2000. Los efectos en la precipitación serán desiguales: en la mayor parte del país, se espera que las lluvias se mantengan cerca de los niveles actuales, con una variación de $\pm 10\%$. Sin embargo, cerca del 27% del territorio podría experimentar una reducción de entre 10% y 30% en la precipitación anual entre 2071 y 2100 [53].

El IDEAM [54], en colaboración con diversas entidades, desarrolló una metodología integral basada en las definiciones del IPCC para evaluar la vulnerabilidad del territorio colombiano al cambio climático. Este análisis consideró múltiples variables para estimar los índices de sensibilidad ambiental y capacidad de adaptación en 1,062 municipios, incluidos 60 municipios costeros. Los sectores más vulnerables incluyen los ecosistemas del oro bioma Alto Andino, áreas naturales protegidas, el sector agropecuario, cuencas hidroeléctricas, sistemas de agua y ecosistemas secos. Esta información se desagregó a nivel municipal y departamental para una mejor gestión de riesgos y toma de decisiones.

En conclusión, el crecimiento poblacional en Colombia representa un reto ambiental considerable que exige una planificación integrada y políticas públicas que promuevan el uso sostenible de los recursos naturales, la protección de la biodiversidad y el desarrollo de infraestructura verde en las áreas urbanas y rurales.

4.3.1. Riesgos Y Afectaciones Ambientales En Las Regiones De Colombia En La Década 2013-2023

Entre 2004 y 2014, Colombia vivió un crecimiento económico notable, lo que contribuyó a la reducción de la pobreza y el desempleo, así como al aumento de la cobertura de la seguridad social. Este crecimiento se vio impulsado por el auge de los sectores minero y petrolero, junto con altos flujos de inversión extranjera y precios elevados de productos básicos [43].

El Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 reconoce la tensión entre el crecimiento económico, la degradación ambiental y el cambio climático, subrayando la necesidad de un crecimiento sostenible y resiliente ante las variaciones climáticas. A pesar de que la economía colombiana tuvo un crecimiento promedio del 3,6% anual en esa década, lo que permitió mejorar indicadores como el PIB per cápita, esta expansión se basa en una estructura económica dependiente de los recursos naturales. En 2012, el Banco Mundial reportó que la agricultura, silvicultura y pesca representaban el 6,2% del PIB, y la industria extractiva un 7,7%. Además, el indicador de "ahorro genuino neto" fue cero, lo que sugiere que el crecimiento económico es insostenible desde el punto de vista ambiental, ya que la riqueza natural se está agotando [55].

El Banco Mundial [9], también señaló que los costos de la degradación ambiental en Colombia alcanzan el 3,7% del PIB. La información del Cuarto Informe sobre las perspectivas de la diversidad biológica advierte que, si los patrones actuales de consumo continúan, los ecosistemas no se mantendrán dentro de límites seguros para el año 2020.

Según el IDEAM [54], Colombia cuenta con más de 114,1 millones de hectáreas de superficie continental, de las cuales el 51,6 % eran bosques naturales en 2014. Aunque la tasa anual de deforestación ha mostrado una tendencia a la baja, entre 2011 y 2013 se deforestaron 120.933 hectáreas al año, sumándose a las cerca de 6 millones de hectáreas perdidas entre 1990 y 2010. Sin embargo, el informe más reciente de 2016 reveló una pérdida de 178.597 hectáreas, lo que representa un aumento del 44 % en comparación con 2015.

Las causas de esta pérdida y degradación de los bosques incluyen la expansión de la frontera agrícola, la colonización, cultivos ilícitos, minería, incendios forestales, urbanización y extracción de madera. A pesar de los beneficios del crecimiento económico, este ha contribuido a una alta degradación ambiental, lo que se considera insostenible según el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 [55].

Además, la Comisión Económica para América Latina [32], destaca la relación entre variables climáticas, como la precipitación y temperatura, y su impacto en la salud pública y la transmisión de enfermedades infecciosas. El IPCC [56], en su quinto informe de evaluación, proyecta que estas variables afectarán la salud, especialmente en enfermedades preexistentes y por la intensificación de fenómenos climáticos extremos, aumentando así el número de heridos y fallecidos.

Las principales afectaciones ambientales son la disminución de la oferta ambiental en ecosistemas estratégicos, ineficiencia en el uso del agua, deforestación y pérdida de

biodiversidad, erosión y degradación del suelo, contaminación de las aguas y del aire, contaminación sonora, principalmente [56].

La reducción de la oferta ambiental y la pérdida de la capacidad de los ecosistemas en Colombia están afectando la provisión de recursos básicos como agua, energía y materias primas, lo que indica un deterioro ambiental debido a los ciclos hidrológicos. Aunque hay áreas con rendimientos hídricos de más de 140 litros por segundo por kilómetro cuadrado, el 14 % del territorio nacional enfrenta déficit de agua, a pesar de la riqueza hídrica del país [49].

Las cuencas en los páramos, que cubren el 2.6 % del territorio, son cruciales para el abastecimiento de agua, pero están siendo mal utilizadas, afectando la sostenibilidad de la red hídrica. Además, se observa sobreexplotación y contaminación del agua, así como indicios de desertificación en diversas regiones. El agua subterránea, que representa el 31 % del agua dulce del país, se utiliza de manera ineficiente y se sobreexplota en áreas como la Sabana de Bogotá, La Guajira y Córdoba [57].

Colombia posee más de 2.5 millones de hectáreas de humedales que son altamente productivos y contienen el 87 % del volumen de los cuerpos de agua superficial. Estos humedales desempeñan funciones esenciales, como la recarga de acuíferos, control de inundaciones, retención de nutrientes y soporte de biodiversidad. Sin embargo, su manejo inadecuado y la falta de comprensión sobre sus funciones han afectado su salud. La desecación y la contaminación, tanto industrial como agrícola y doméstica, han alterado ecosistemas importantes como la Ciénaga Grande de Santa Marta y otros humedales significativos en el país [57].

4.3.2. Riesgos ambientales del territorio colombiano

Problemas como la deforestación, la expansión agrícola, el comercio ilegal de flora y fauna, la caza, la actividad industrial y el conflicto armado han afectado gravemente a muchas especies. Entre las más amenazadas están 151 especies de mamíferos (7 en estado crítico) y 163 especies de aves (13 en estado crítico) [58].

Las principales causas de la pérdida de biodiversidad incluyen la transformación y fragmentación de hábitats, la introducción de especies invasoras, la sobreexplotación de recursos biológicos, la contaminación y el cambio climático global. Además, se menciona la falta de educación y valoración de los recursos naturales, destacando que el sistema de mercado y la búsqueda de ganancias económicas no reconocen el verdadero valor del medio ambiente [42].

En Colombia, la transformación de los hábitats naturales ha alcanzado niveles alarmantes, causando la extinción de algunas especies y poniendo en riesgo la desaparición de ecosistemas completos. Se estima que en un tercio del territorio nacional la cobertura vegetal ha sido completamente alterada, y solo el 34% del bosque alto andino permanece. Además, solo queda un millón de hectáreas de páramos en buen estado. La principal causa de la pérdida de biodiversidad es la destrucción de hábitats [42].

En cuanto a la contaminación, la actividad industrial y el desinterés por el medio ambiente han provocado una degradación ambiental sin precedentes en los últimos 20 años. Los niveles de contaminación en las principales ciudades de Colombia superan incluso a los de los países industrializados. La industria manufacturera, la agraria y las actividades ilegales son los principales responsables de la contaminación, reflejada en el aumento de emisiones de gases de plantas de producción y otras fuentes [46].

En Colombia, la contaminación proviene principalmente de tres fuentes: las fijas (como industrias y explotaciones mineras), las móviles (vehículos) y las de área (quemados de material agropecuario). La contaminación atmosférica ha afectado plantas, animales y personas, mientras que la inadecuada gestión de residuos sólidos también contribuye al problema. Aunque los residuos domésticos pueden manejarse a través de programas de reciclaje, los residuos industriales son más complejos y se generan mayormente en industrias mineras y petroleras [59].

Sobre a la contaminación hídrica, los centros urbanos en Colombia han crecido alrededor de cuerpos de agua, sin una adecuada planificación ni programas de prevención, lo que ha afectado la calidad del agua. La agricultura también ha contribuido a la degradación de lagunas importantes como Sonso, Fúquene y Tota [49].

Respecto a los bosques, Colombia cuenta con tres tipos principales: bosques primarios (que no han sido explotados y cubren el 44.8% del país), bosques secundarios (intervenidos por tala selectiva o quema), y otros tipos de bosques que han sido modificados por actividades humanas [59].

En Colombia, aunque el 69% de la superficie continental es apta para el uso forestal, solo el 46.6% está cubierta por bosques. Cada año se talan aproximadamente 600 mil hectáreas, principalmente debido a la expansión agrícola, la colonización, las obras de infraestructura, cultivos ilícitos, el consumo de leña, incendios forestales y la producción de madera. Estas actividades causan pérdida de nutrientes del suelo, erosión y alteración de las cuencas hidrográficas [44].

La deforestación afecta gravemente a los ecosistemas, poniendo en peligro de extinción a numerosas especies, ya que los bosques son el hábitat principal de alrededor de dos tercios de la fauna y flora terrestre del país. La falta de una cultura ambiental y la falta de programas de educación sobre desarrollo sostenible han agravado este problema, evidenciando una desconexión entre el consumo de recursos naturales y la preservación del medio ambiente [31].

La deforestación ha sido la principal causa de las modificaciones en los socios ecosistemas terrestres en Colombia durante las últimas dos décadas. Entre 2005 y 2010, las regiones con las tasas más altas de deforestación fueron los Andes y la Amazonia, siendo esta última responsable del 41% de la pérdida de bosques naturales [19].

La expansión del sector agrícola también ha contribuido significativamente a la pérdida de biodiversidad, con un 55,7% de transformación de coberturas atribuible a este sector en el mismo período. El uso de fertilizantes comerciales, como nitrógeno y fósforo, ha afectado los ecosistemas, y Colombia se ha convertido en uno de los mayores consumidores de fertilizantes de América Latina. La ganadería, que ocupa casi el 35% del territorio nacional, a pesar de que solo la mitad es adecuada para el pastoreo, es un factor clave en la degradación del suelo y la deforestación, contribuyendo además a la emisión de gases de efecto invernadero y a la contaminación del agua. El 54% de las áreas intervenidas en humedales están asociadas al pastoreo de ganado, afectando 1,18 millones de hectáreas de estos ecosistemas [31].

La producción de energía y la minería han contribuido significativamente a la pérdida de biodiversidad en Colombia. Desde el año 2000, la producción de petróleo ha aumentado en un tercio y la de gas natural en un 70%. Además, la superficie bajo títulos mineros creció de 1 millón de hectáreas en 2000 a 8,5 millones en 2010. Entre 2000 y 2011, la producción de carbón se duplicó, posicionando a Colombia como el undécimo mayor productor de carbón en el mundo y el primero en América Latina. La minería ilegal de metales preciosos es un problema creciente, especialmente en la región del Pacífico, donde más del 90% de las actividades mineras son ilegales, afectando alrededor de 79.000 hectáreas. Además, se han solicitado decenas de miles de títulos mineros en áreas protegidas [10].

CAPITULO 7: Conclusiones

Colombia enfrenta un reto significativo en su desarrollo demográfico y ambiental. Aunque el crecimiento poblacional ha mostrado una tendencia de desaceleración, alcanzando proyecciones menores para 2051, la interacción entre factores como la migración y la disminución de la fecundidad sigue configurando su perfil poblacional. Paralelamente, el país ha experimentado un crecimiento económico impulsado por la explotación de recursos naturales, lo cual ha resultado en mejoras en indicadores sociales, pero también ha generado una alta degradación ambiental.

A pesar de los avances en la reducción de la pobreza y el desempleo, la dependencia de sectores como la minería y la agricultura ha afectado de manera crítica los ecosistemas estratégicos. La deforestación, la pérdida de biodiversidad y la contaminación del agua y el aire son algunos de los principales problemas ambientales. El desafío para Colombia radica en lograr un equilibrio entre el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental, dado que el deterioro ecológico pone en riesgo los recursos naturales vitales para su población.

En este contexto, se hace evidente la necesidad de adoptar un modelo de desarrollo más sostenible y resiliente al cambio climático, que proteja los ecosistemas mientras se atienden las demandas de crecimiento económico. Es crucial fomentar la educación ambiental, mejorar la gestión de los recursos naturales y avanzar hacia políticas de desarrollo que no solo consideren el bienestar presente, sino también la preservación a largo plazo del entorno natural.

El crecimiento demográfico de Colombia ha evidenciado una fuerte concentración urbana en áreas metropolitanas, con Bogotá, Medellín y Cali como las principales ciudades que concentran la mayor parte de la población. La Sabana de Bogotá se destaca como la región más desarrollada, mientras que otras ciudades como Barranquilla, Bucaramanga y Soacha han experimentado un crecimiento poblacional significativo. Aunque el número de municipios pequeños sigue siendo alto, el tamaño promedio de los municipios ha crecido notablemente desde 1985. Las áreas metropolitanas continúan expandiéndose, lo que genera desafíos importantes en cuanto a la gestión de infraestructuras y servicios urbanos.

A nivel regional, el mayor crecimiento urbano se ha concentrado en la zona noroccidental, seguido por la Amazonía y el Caribe, mientras que la región suroccidental ha mostrado el menor crecimiento. Esta concentración ha incrementado el coeficiente espacial de Gini, que refleja la desigualdad en la distribución de la población, con una tendencia a concentrarse en pocas ciudades. Las regiones centrales y noroccidentales, impulsadas por polos

de desarrollo como Bogotá y Medellín, han liderado este proceso de aglomeración. El rápido crecimiento de áreas periféricas y metropolitanas plantea nuevos retos para el desarrollo equilibrado y sostenible de las ciudades colombianas.

El análisis de regresión lineal aplicado a los datos tanto de crecimiento urbano como de calidad ambiental muestra algunas tendencias y relaciones significativas, pero también varias limitaciones. En el caso del crecimiento de ciudades con poblaciones entre 500 mil y 1 millón de habitantes, el modelo indica una fuerte relación positiva entre el paso de los años y el aumento en el número de ciudades, con un coeficiente positivo significativo. Sin embargo, la cantidad de observaciones limita la generalización de los resultados.

En cuanto a la calidad del agua y la contaminación del aire, el análisis sugiere que variables como la "Importancia Económica Municipal" tienen efectos negativos, aunque no siempre son estadísticamente significativos. La tendencia temporal y la producción industrial muestran efectos positivos en algunos modelos, pero los coeficientes son pequeños y las explicaciones de los modelos (R^2) son bajas, lo que implica que gran parte de la variabilidad de las variables dependientes no está explicada por los factores incluidos. Es probable que existan otras variables no consideradas que afecten significativamente tanto el crecimiento urbano como la calidad ambiental.

En resumen, el análisis sugiere que, si bien algunos factores tienen un impacto claro y significativo en las variables dependientes (como el año en el caso del crecimiento urbano y la producción industrial en el caso de la contaminación), la relación entre las variables es compleja y es necesario incluir más factores explicativos para obtener una comprensión completa.

La situación ambiental en Colombia presenta desafíos significativos impulsados por el crecimiento poblacional, el cambio climático y la gestión insostenible de los recursos naturales. La huella ecológica del país ha permanecido estable a lo largo de las décadas, pero la biocapacidad per cápita ha disminuido, reflejando una reducción en las reservas de recursos. Si bien Colombia cuenta con una rica biodiversidad y recursos naturales, la deforestación, la expansión agrícola, la minería y la urbanización no planificada están erosionando su capacidad para sostenerse a largo plazo.

Además, el impacto del cambio climático, especialmente en la región Caribe, amenaza con aumentar las tasas de mortalidad relacionadas con el calor y generar pérdidas económicas considerables. A pesar de que el país se ha comprometido a reducir sus emisiones de carbono,

la implementación de políticas de mitigación, adaptación y protección de la biodiversidad es crucial para revertir la tendencia de deterioro ambiental.

El futuro ambiental de Colombia depende de su capacidad para realizar una transición hacia un desarrollo sostenible, que incluya la restauración de ecosistemas, el uso de energías renovables, la reducción de la deforestación y la promoción de prácticas agrícolas y ganaderas sostenibles. Además, la movilización de recursos financieros, la planificación urbana eficiente y la mitigación de las desigualdades sociales serán fundamentales para evitar mayores daños ambientales y proteger tanto a la biodiversidad como a las comunidades vulnerables.

Referencias

- [1] T. Ahmed, Huellas e hitos: población y cambio del medio ambiente. Naciones Unidas, 2011.
- [2] Gobierno de Colombia, “Análisis de riesgo por cambio climático en Colombia”, 2011
- [3] Espinoza, M., “El fenómeno de la sobrepoblación y su impacto,” Revista Latinoamericana de Demografía, vol. 12, no. 2, 2018.
- [4] Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. “Comportamiento de los componentes demográficos en Colombia en 2121 a partir de la Gran Encuesta Integrada de Hogares -GEIH- y la Encuesta Nacional de Calidad de Vida ENCV”. 2023.
- [5] EDOMEX Y COESPO. “Población y medio ambiente”. Consejo estatal de población. 2019
- [6] Grupo Banco Mundial, “Informe sobre clima y desarrollo del país: Colombia,” Washington, DC, Documento del Grupo Banco Mundial, julio 2023. [En línea]. Disponible: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099072023124015474/pdf/P1781040f920a400809a2c09e70149f435b.pdf>.
- [7] Antolín, C. “Hacia una gestión sostenible del planeta”. Universitat de València. 2018
- [8] Andrade, M. “Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas”. Consideraciones para fortalecer la interacción ciencia-política. Rev. Acad. Colomb. Ciencia, vol. XXXV, no. 37, 491-507. 2021
- [9] Organización Internacional para las Migraciones OIM. “El cambio climático, la degradación del medio ambiente y la migración: qué hacer ante las circunstancias de vulnerabilidad de la población y cómo aprovechar las oportunidades de solventar el problema”. 2018
- [10] Viguri, A. “La degradación del medio ambiente”. Universidad Jaume I de Castellon, pp. 1-20. 2019
- [11] Bugele, W. Crecimiento demográfico y cambio climático. Apuntes de ciencias sociales, vol. 03, no, 01, 1-4. 2013
- [12] Gómez, C. Población, Medio Ambiente y Crecimiento Económico: ¿Tres Piezas Incompatibles del Desarrollo Sostenible? Universidad de Alcalá. 2000
- [13] Espinoza, M. El Fenómeno Actual de Sobrepoblación Humana y los Retos que Plantea la Situación Demográfica para el Perú. Derecho y sociedad, vol. 37, 325-330. 2018
- [14] Rivera, D. Estimación de las relaciones de la curva ambiental de Kuznets para Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 2020
- [15] Bundy, J., Pfarre, M., Corto, C., y Coombs, T. Horizontal Integration & Priorities for a Future Crisis Management Concept, New York. 2016
- [16] P. Marinis, Exploraciones en teoría social. Ensayos de imaginación metodológica. CLACSO, 2019.

- [17] J. Larraín, “Reflexiones sobre la teoría social en la actualidad,” *Economía y Política*, vol. 1, no. 2, pp. 73–99, 2014.
- [18] Garcilazo, J. La teoría de la ecología poblacional examinada a la luz de teorías adaptacionistas. *Revista Científica "Visión de Futuro"*. Vol. 15, no. 1, 2-21. 2011
- [19] Arango, J. La teoría de la transición demográfica y la experiencia histórica. *REIS*, vol. 10, no. 80, 169-198. 2010.
- [20] F. Pizarro, “La teoría la transición demográfica: recursos didácticos,” *Enseñanza de las Ciencias Sociales*, no. 9, pp. 129–137, 2010.
- [21] Observatorio Ambiental De La Unión Europea. Concepto de Calidad Ambiental. 2010
- [22] Vásquez, E. y García, J. Calidad ambiental y su relación con el crecimiento económico en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. *Ecós de economía*, vol. 16, 27-48. 2003
- [23] Goodland, R., H. Daly, S. El Serafy y B. Droste (eds) *Desarrollo Económico Sostenible: Avances sobre el Informe Brundtland*, 1ra ed., TM Editores-Ediciones Uniandes. 1994.
- [24] Munashinge, M. y W. Cruz. *Economywide Policies and the Environment: Lessons from the Experience*, Environment Paper No. 10, World Bank. 1995
- [25] Pezzey, J. *Sustainable Development Concepts: An Economic Analysis*, Environment Paper No. 2, World Bank, 1992.
- [26] J. Vásquez y G. García, “Ingreso y calidad ambiental: una revisión empírica,” 2003.
- [27] J. Vergara y M. Rojas, “El medio ambiente y el desarrollo sostenible en América Latina,” 2022.
- [28] Gobierno Vasco, *El derecho humano al medio ambiente en la Agenda 2030*, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.unetxea.org/dokumentuak/dossierDDHHamb.pdf>
- [29] Paniagua, C. F. “Crisis ambiental y la ruta del desarrollo sustentable: 40 años después del segundo informe del club de Roma”. *Revista de Investigación en Ciencias de la Administración*, vol. 8, no. 15, 405-428. 2017
- [30] K. Petersen, R. Feldt, S. Mujtaba, and M. Mattsson. "Systematic mapping studies in software engineering", in *12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, vol. 17, N° 1. pp. 68-77, 2008.
- [31] Ramírez y I. Parra, “Metrópolis de Colombia: aglomeraciones y desarrollo,” *Serie estudios y perspectivas*, no. 23, CEPAL, 2013
- [32] CEPAL. “Observatorio demográfico América Latina y el Caribe 2021. Los censos de población y vivienda de la ronda de 2020 en América Latina y el Caribe en el contexto de la pandemia.” 2021. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/00d99cc2-52a0-4ffb-802d-ec0ff9ed614f/content>
- [33] Andrade, G. y Castro, L. “Degradación, pérdida y transformación de la biodiversidad continental en Colombia, invitación a una interpretación socio ecológica.” *En Ambiente y Desarrollo*, vol. XVI, no. 30; 53:71. 2012

- [34] Guhl, E. y Leyva, P. “La gestión ambiental en Colombia, 1994-2014: ¿un esfuerzo insostenible?” FES. 2015. Obtenido de <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/kolumbien/11555.pdf>
- [35] “Blog BanRep: Cambios demográficos recientes y envejecimiento poblacional,” Banco de la República, 14-ago-2024. [En línea]. Disponible: <https://www.banrep.gov.co/es/blog/cambios-demograficos-recientes-envejecimiento-poblacional>.
- [36] A. M. Chávez Galindo, J. M. Pinto Da Cunha, J. Barquero, D. Macadar, W. Molina, G. Olivera Lozano, J. Rodríguez y J. Sobrino, “Desconcentración concentrada y migración: una mirada desde grandes metrópolis de América Latina,” **Revista latinoamericana de población**, vol. 16, Art. e202108, 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.31406/relap2022.v16.e202108>.
- [37] Fedesarrollo y Marron Institute. “Diagnóstico y recomendaciones sobre el ordenamiento territorial en Colombia. Propuestas para el cumplimiento de los Acuerdos de París”. 2023. Obtenido de https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/4261/LIB_2022_%20Diagnóstico_y_recomendaciones_Resumen_Ejecutivo%20del%20libro.pdf?sequence=6&isAllowed=y
- [38] Álvarez, C. “Colombia y la gestión del cambio climático 1990-2020”. UDCA. 2022. Obtenido de <https://repository.udca.edu.co/server/api/core/bitstreams/5829c592-0de0-4bc3-bdb2-13ca48e82adf/content>
- [39] David, A., Vides, M. y Londoño, M. “Amenazas y riesgos ambientales en las zonas costeras colombianas”. INVEMAR. 2010. Obtenido de https://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/EAMC_2001/IEAMCC018AR.pdf
- [40] Etter, A., A. Andrade, K. Saavedra, y J. Cortés. (2018). “Actualización de la Lista Roja de los Ecosistemas Terrestres de Colombia: Herramienta para la gestión de los ecosistemas.” In Moreno, L. A., C. Rueda, y G. I. Andrade, eds. 2018. Biodiversidad 2017. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2018. Obtenido de <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2017/cap2/204/#seccion1>.
- [41] G. Rodríguez, “Los conflictos ambientales en Colombia y su incidencia en los territorios indígenas”, Universidad del Rosario, 2016.
- [42] WWF. “Colombia viva: un país megadiverso de cara al futuro. Informe 2017”. 2017. Obtenido de https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/colombia_viva___informe_2017___resumen_en_espanol.pdf
- [43] INDEPAZ. “Conflictos socioambientales en Colombia”. 2022. Obtenido de <https://indepaz.org.co/wp-content/uploads/2023/02/Informe-Conflictos-Socioambientales-en-Colombia-final.pdf>

- [44] Portillo, S. R. “Agotamiento de los recursos naturales: causas y consecuencias”. Ecología verde. 2021. Obtenido de https://www.ecologiaverde.com/agotamiento-de-losrecursos-naturales-causas-y-consecuencias-3396.html#anchor_2
- [45] L. Romero, “Análisis de los riesgos ambientales asociados a la explotación de yacimientos no convencionales,” Tesis de Maestría, Fundación Universidad de América, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/640/1/5102509-2016-2-GA.pdf>
- [46] Mojica, C. “Situación actual ambiental en Colombia”. Cap&cua, vol. 40m no. 2. 2012
- [47] IDEAM, “Estudio nacional del agua 2010”. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2010.
- [48] UPME, “Informe de rendición de cuentas 2019-2020,” Unidad de Planeación Minero Energética, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www1.upme.gov.co/InformesGestion>
- [49] Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible. “Política Nacional de cambio climático”. 2017. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/9.-Politica-Nacional-de-Cambio-Climatico.pdf>
- [50] Departamento Nacional de Planeación. ASP Análisis de situación de población Colombia 2023. 2023. Obtenido de https://colombia.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/dindemo_presentacion_0.pdf
- [51] Grisales, S. “Informe de orientación sobre el vínculo entre la contaminación del aire y el cambio climático, estrategias de mitigación de Contaminantes Climáticos de Vida Corta y su incorporación en procesos de planificación regional”. Climate & Clean Air Colition. 2021. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/02/COL-informe-de-orientacion-sobre-el-vinculo-entre-la-contaminacion-del-aire-y-el-cambio-climatico.pdf>
- [52] O. Ramírez, “Identificación de problemáticas ambientales en Colombia,” Rev. Int. Contam. Ambien., vol. 31, no. 3, pp. 293–310, 2015
- [53] IDEAM, Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático, 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.cambioclimatico.gov.co/3ra-comunicacion-cambio-climatico>
- [54] IDEAM, Estudio nacional del agua 2010, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2010.
- [55] Departamento Nacional de Planeación. “Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018. Todos por un nuevo país”. 2014. Disponible en <https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/pnd/pnd%202014-2018%20tomo%201%20internet.pdf>
- [56] IPCC. “Cambio climático 2014. Informe de síntesis”. 2014. Obtenido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf

- [57] Restrepo, J. Los sistemas hídricos fluviales: Visión general. En J.D. Restrepo Ángel (Ed.). Los sedimentos del río Magdalena: reflejo de la crisis ambiental (Cap. 1.) Fondo editorial Universidad EAFIT y Colciencias. 2005
- [58] L. Romero, “Análisis de los riesgos ambientales asociados a la explotación de yacimientos no convencionales,” Tesis de Maestría, Fundación Universidad de América, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/640/1/5102509-2016-2-GA.pdf>
- [59] Etter, A., A. Andrade, K. Saavedra, y J. Cortés. “Actualización de la Lista Roja de los Ecosistemas Terrestres de Colombia: Herramienta para la gestión de los ecosistemas”. In Moreno, L. A., C. Rueda, y G. I. Andrade, eds. 2018. Biodiversidad 2017. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2018. Obtenido de <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2017/cap2/204/#seccion1>.