

¿Crecimiento económico o estabilidad climática?

Reflexiones para Colombia



Mario Eduardo Hidalgo Villota

e
Editorial
Universidad de Nariño

èditorial

Universidad de **Nariño**

**¿Crecimiento económico
o estabilidad climática?
Reflexiones para Colombia**

¿Crecimiento económico o estabilidad climática? Reflexiones para Colombia

Mario Eduardo Hidalgo Villota

èditorial
Universidad de **Nariño**

Hidalgo Villota, Mario Eduardo

¿Crecimiento económico o estabilidad climática? : reflexiones para Colombia / Mario Eduardo Hidalgo Villota—1ª. Ed. -- San Juan de Pasto : Editorial Universidad de Nariño, 2025

284 páginas : gráficas, tablas

Incluye referencias bibliográficas p. 239 - 251 y reseña del autor p. 281 - 282

ISBN: 978-628-7771-64-2

1. Crecimiento económico 2. Crecimiento económico—Pobreza y desigualdad 3. Crisis ambiental y crecimiento económico 4. Estabilidad climática—Caso Colombia 5. Modelo de crecimiento de Solow 6. Prosperidad sostenible 7. Recursos naturales

338.927 H632 – SCDD-Ed. 22



SECCIÓN DE BIBLIOTECA

Crecimiento económico o estabilidad climática

© Editorial Universidad de Nariño

© Mario Eduardo Hidalgo Villota

ISBN: 978-628-7771-64-2

Primera edición

Corrección de estilo: Mg. Manuel E. Martínez Riascos

Diseño y diagramación: Nathaly Johana Rivadeneira

Fecha de publicación: Junio de 2025

San Juan de Pasto - Nariño - Colombia

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio o con cualquier propósito, sin la autorización escrita de su Autor o de la Editorial Universidad de Nariño

Dedicatoria

A mi hermana Martha del Rosario, por enseñarme con su ejemplo y perseverancia, el valor de la vida.
A ella, mi más profunda admiración y respeto. Su imagen siempre estará en mi memoria.

Contenido

Introducción	9
Capítulo 1. Abordando el problema	18
1.1 Haciendo un poco de historia	18
1.2. Referentes conceptuales	23
1.3 La gran preocupación	29
Capítulo 2. Proceso metodológico	46
2.1. Hipótesis de trabajo	46
2.2. Fuentes de información	47
2.3. Métodos de investigación utilizados	55
Capítulo 3. Qué decir del crecimiento económico	60
3.1. El crecimiento económico en la perspectiva de los economistas	62
3.2. El PIB: Una medida de bienestar imperfecta pero indefectible	73
3.3. Crecimiento económico, pobreza y desigualdad	83
3.4. Crecimiento económico y medio natural	91
Capítulo 4. Entre lo ecológico y lo ambiental	97
4.1. El crecimiento económico y la crisis ambiental desde distintas miradas	97
4.2. De la <i>oikonomía</i> a la crematística: Del consumo al consumismo	107
Capítulo 5. Crecimiento o decrecimiento económico: ¿Qué camino seguir?	119
5.1. Las voces del decrecimiento económico: Un clamor por la justicia ambiental	119

5.2. Las preocupaciones ecológicas en el contexto del decrecimiento económico	128
Capítulo 6.	Disyuntiva entre crecimiento económico y estabilidad climática: el caso colombiano
6.1. Hacia un nuevo paradigma: De la prosperidad material a la prosperidad sostenible	140
6.2. El proceso económico y la naturaleza: el modelo de Georges-cu-Rogen	146
6.3. Interacciones entre crecimiento económico y medio ambiente: la producción entrópica	152
6.4. Variabilidad de la temperatura en Colombia	158
6.5. Crecimiento económico versus estabilidad climática: ¿Qué le conviene a Colombia?	163
6.6. Qué nos dicen los datos	172
6.7. Modelación econométrica: mostrando evidencia empírica	175
Capítulo 7.	Los recursos naturales no renovables en Colombia: ¿Son un freno al crecimiento económico?
7.1. Características básicas del modelo de crecimiento económico de Solow	200
7.2. Modelo de crecimiento de Solow con recursos naturales	206
7.3. ¿Tiene límites el crecimiento económico en Colombia?	207
Reflexiones finales	226
Referencias	239
Anexos	253
Lista de tablas	275
Lista de figuras	278
Acerca del autor	281

Introducción

Las sociedades a través de la historia han avanzado hacia estadios más prósperos caracterizados por mayores niveles de bienestar económico y social. El paso de la sociedad primitiva a la esclavista, de esta a la feudal, y de la feudal a la capitalista en la segunda mitad del siglo XVIII, es una clara señal de la ocurrencia de un fenómeno llamado crecimiento económico, cuyo ritmo se intensificó a partir de la introducción de la máquina en el proceso de producción. Si bien el crecimiento económico adquirió mucha importancia a nivel mundial en la etapa posindustrial, este acontecimiento histórico no fue gratuito. En realidad, el desorden climático global es en parte, el costo que estamos pagando por disfrutar de una prosperidad material.

La literatura económica y los medios de comunicación difunden al público que, hoy disponemos de un conjunto amplísimo de bienes y servicios en permanente aumento como resultado de la incesante innovación y la rivalidad empresarial, situación inimaginable para la especie humana que pobló la Tierra hace diez mil millones de años; inclusive, para la sociedad feudal que logró sostenerse durante casi seis siglos. El tránsito del feudalismo al capitalismo significó el establecimiento de re-

novadas relaciones sociales de producción acordes con el desarrollo de las fuerzas productivas que reclamaban el establecimiento de una nueva estructura económica. Es así, como del trabajo rural se pasó al trabajo industrial y de la producción de bienes agrícolas se transitó a las manufacturas con un aumento considerable de la productividad laboral. Esto fue posible, gracias a la división y especialización del trabajo.

A partir de los planteamientos de Adam Smith fue aceptado universalmente el razonamiento según el cual, la producción de bienes y servicios es la fuente de la prosperidad económica. De ahí que, en la *Riqueza de las Naciones* publicada en 1776, Smith dejó por sentado que la forma para lograr una mayor producción material es solo posible, si se incorpora la división y especialización del trabajo. A partir de ese momento, la productividad se convirtió en un ideal que permitía producir más mercancías por unidad de tiempo, reducir costos y ampliar el margen de ganancia. Esto significaba producir un mayor número de pares de zapatos por hora trabajada a un costo medio menor; obteniéndose así, una ganancia más jugosa y una mejor posición competitiva de la fábrica de zapatos en comparación con la industria en general.

Dicho sea de paso, el mensaje que Smith (1958) quería transmitir al mundo empresarial era que, la mejora de la productividad en el trabajo abarata los costos medios de producción, haciendo que los precios de los bienes estén al alcance de las posibilidades presupuestarias de los consumidores. El discurso implícito era que, si el mercado fuera capaz de absorber toda o gran parte de la producción de zapatos, el ciclo productivo se repetirá continuamente, no solo beneficiando al empresario y a los trabajadores de la fábrica, sino a la sociedad en conjunto. A los ojos de este filósofo moral, la prosperidad de una nación se determinaba

únicamente por el crecimiento económico, sin adentrarse en su época en otras categorías analíticas como la cuestión ambiental, que posteriormente pasaría a formar parte de una concepción más amplia y compleja llamada desarrollo económico.

Alrededor del crecimiento económico, Sala i Martín (2016, p. 17) se pregunta: ¿cómo hemos conseguido que los ciudadanos normales de un país normal tengan más cosas que el hombre más rico de todos los tiempos? La respuesta se sitúa en el terreno de la producción de bienes y servicios, no en la cantidad de dinero o de oro como comúnmente se cree. Ahora bien, la producción es responsable de colocar en el mercado una cantidad determinada de mercancías para el disfrute o deleite de los consumidores, sin que estos caigan necesariamente en el censurado hedonismo.

En la actualidad disponemos de variados y nutritivos alimentos para saciar el hambre y nutrir nuestro cuerpo, prendas de vestir para soportar los cambios de clima y lucir elegantes, viviendas cómodas para protegernos del agresivo clima, educación para desarrollar competencias ocupacionales y avivar la crítica, salud para mantenernos sanos y productivos, un televisor para entretenernos y ocupar nuestro tiempo libre, un automóvil para desplazarnos de un sitio a otro de manera más rápida y segura, y un teléfono móvil para no perder contacto con nuestros familiares, amigos y conocidos. En fin, la lista de necesidades y satisfactores surgidos del crecimiento económico es tan larga que tendríamos que dedicar mucho tiempo en su elaboración.

Lo cierto es que, el ser humano encuentra en las bondades del crecimiento económico todas las respuestas a sus necesidades básicas y no básicas, y a la búsqueda de la felicidad económica (Sala-i-Martin, 2000;

Barro & Sala-i-Martin, 2012). Aunque se podría estar de acuerdo con que las necesidades humanas son finitas y no cambian en el tiempo como lo subraya Max-Neef (1994), es innegable que los satisfactores han crecido de manera apresurada hasta converger en un excesivo consumismo con efectos perniciosos sobre la contaminación del suelo, el aire y el agua. Ante las consecuencias del calentamiento global, nos preguntamos si todo esto ha valido la pena. De seguro que, las opiniones entre crecientistas y decrecentistas están ampliamente divididas, ya que la lente con que cada quien mira este fenómeno no es igual, ni tampoco su ideología. De hecho, los productores ven en la acumulación de capital una oportunidad de riqueza; en cambio, la sociedad en general puede percibir que el acelerado consumismo conlleva a un deterioro ambiental, aunque la percepción de la opinión pública esté poco informada.

Cabe decir que, no es el propósito de este libro restarle importancia al crecimiento económico sabiendo de antemano qué, gracias al desarrollo de los sistemas productivos y a los incentivos económicos, hoy disfrutamos de muchos bienes y servicios que hacen que nuestras vidas sea más fáciles y placenteras. Por ejemplo, hoy podemos recorrer largas distancias en pocas horas haciendo uso de la comodidad de los aviones, o participar en una clase magistral con el mejor profesor del mundo apoyándonos en las plataformas digitales. O, algo más extremo, ver que un equipo de cirujanos de gran prestigio domiciliados en un país remoto pero con acceso a los últimos avances en telemedicina, dirijan una cirugía de corazón abierto de alto riesgo en un quirófano localizado en un hospital público en un país de ultramar.

Ahora bien, la economía no es un sistema cerrado e independiente que resuelva las externalidades resultantes del crecimiento económico de

manera mágica y segura para todos. En realidad, la economía es un sistema abierto a la entrada de energía y materiales, y a la salida de gases contaminantes atmosféricos (Martínez Alier, 2021). El aumento de la energía en la Tierra produce cambios climatológicos, lo que comúnmente se le conoce como cambio climático global. Ciertamente, los combustibles fósiles son fuentes importantes de energía para sostener la producción material en una sociedad, pero a la vez, su quema produce gases de efecto invernadero que aceleran el calentamiento de la superficie terrestre más de lo normal.

Habiendo dicho eso, las bondades del crecimiento económico también se enfrentan a la severidad del calentamiento global que exige modificar sustancialmente la manera como se produce y se consume. Por su parte, los economistas ecológicos recomiendan disminuir el ritmo de la producción pero esto choca con el peligro de que las economías puedan sumergirse en el estancamiento económico. Si las medidas decrecentistas se acatan al extremo, y si solo un grupo de países muy disciplinados y fieles a los preceptos ecológicos lo hacen, de seguro la tragedia económica superará con creces a los pocos beneficios ambientales que efectivamente se logren en un momento determinado. De hecho, el decrecimiento económico no parece garantizar votos, ni tampoco el respaldo político de la clase que vive del trabajo. No debe olvidarse que, las personas necesitan de un ingreso laboral para satisfacer sus necesidades materiales, si es que, la fuerza de trabajo es la única mercancía con que se cuenta para sobrevivir.

En esta investigación se aporta evidencia empírica y algunas reflexiones para Colombia en torno al debate mundial surgido a principios de la década de los setenta del siglo XX, alrededor de los límites del crecimiento

económico; y más recientemente, a raíz de la política energética impulsada por el presidente Gustavo Petro Urrego relacionada con la suspensión de las licencias de exploración y explotación de petróleo, carbón y gas en el contexto de un nuevo modelo de desarrollo económico no extractivista.

A lo largo del contenido de este manuscrito se aporta evidencia empírica y algunas reflexiones respecto a dos hipótesis de trabajo desarrolladas alrededor de la economía colombiana, así: 1) existe una relación de causalidad entre el crecimiento económico y el calentamiento de la Tierra que induce a creer que la estabilidad climática se resuelve acudiendo a medidas drásticas de decrecimiento económico, 2) los recursos naturales no renovables son un freno real al crecimiento económico del país. Para dar respuesta a las dos hipótesis anteriores, se acude a un conjunto de modelos econométricos uniecuacionales y bivariados, así como a un modelo básico de crecimiento de Solow ampliado con tierra y recursos energéticos para mostrar que, por un lado, el crecimiento económico en Colombia es explicado de manera positiva por las emisiones de carbono y, a su vez, las emisiones de carbono también explican el crecimiento económico en el mismo sentido. Y que la variabilidad climática en el país es explicada por las emisiones de carbono, tal como lo confirma el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por su sigla en inglés).

Aun así, la aplicación de la ecuación fundamental del crecimiento de Solow (1957) muestra que, dado un bajo nivel de cambio tecnológico calculado y una alta tasa de crecimiento poblacional, los recursos naturales no renovables son en sí, un freno al crecimiento económico del país. Con todo, acabar con la exploración y explotación de combustibles fósiles de manera acelerada con el objetivo de anticiparse al cumplimiento de

las metas globales de descarbonización, sería un error en términos de pérdida de riqueza, pues, esta decisión política haría que la tasa de crecimiento a largo plazo de la producción y renta por trabajador disminuya, afectando la creación de nuevos puestos de trabajo.

Lo dicho hasta aquí no significa que, el país no avance hacia el propósito global de lograr la carbono-neutralidad, es decir, que en el año 2050 se logre igualar la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera con la cantidad de gases absorbidos. Lo cierto es que, el crecimiento sostenible con bajo carbono es un compromiso mundial ineludible donde el desarrollo de fuentes de energía alternativas y renovables es un imperativo. En ese sentido, Colombia debe avanzar en el desarrollo de tecnologías limpias y en la transformación de la matriz energética, pero de manera gradual y progresiva, sin poner en riesgo la seguridad energética del país. Lo más sensato parece ser, que el país vaya a la par del resto de naciones por el efecto polizón.

El presente libro a través de su contenido, desarrolla un diálogo entre el crecimiento económico y la estabilidad climática, aportando algunos argumentos que pretenden aclarar esta aparente disyuntiva. Abordar las consecuencias del cambio climático no debe ser un asunto tal que, implique desmantelar a ultranza la prosperidad económica, ni tampoco contaminar la biosfera a niveles tales, donde la continuidad de la vida sea imposible. La conjugación de economía y naturaleza requiere superar obstáculos ideológicos y políticos para que el mundo transite hacia el desarrollo sostenible con bajo carbono. En palabras de Klein (2014), la disyuntiva entre crecimiento económico y estabilidad climática, sugiere una aparente elección entre el capitalismo o el clima, es decir, debemos inclinarnos por salvar el capitalismo o por estabilizar el clima. Lo cierto

es que, los dos extremos son inconvenientes por las razones que se expondrán más adelante, por ende, hay que buscar una opción de centro.

Desde luego, no se trata de elegir entre estas dos cuestiones de suma importancia. Lo que verdaderamente importa es que, la sociedad pueda entender que el cambio climático es un fenómeno global que ha venido para quedarse entre nosotros por largo tiempo, por tanto, estamos obligados a modificar nuestra conducta para que las consecuencias de este fenómeno sean, en lo posible, menos devastadoras para los seres vivos. Esto implica que el sistema productivo del cual se desprende la prosperidad material sea menos contaminante y más sostenible con la vida, esto significa transitar hacia un nuevo modelo de crecimiento económico con bajo carbono y no caer en el estancamiento económico que anularía los logros hasta ahora alcanzados.

La temática de esta obra se desarrolla a través de siete capítulos, a saber: el primer capítulo recoge un conjunto de conceptos que abordan el crecimiento económico y la crisis ecológica actual, y que ayuda a entender su interacción; en el segundo capítulo se describe el diseño y el proceso metodológico seguido para abordar los objetivos e hipótesis de trabajo; en el tercero se bosquejan un conjunto de aspectos que permiten al lector familiarizarse con el crecimiento económico, sin la necesidad de adentrarse en la vasta y especializada literatura existente sobre el tema; el cuarto capítulo pone en diálogo a la economía ambiental con la economía ecológica sobre el aparente vínculo irreconciliable entre naturaleza y economía; el quinto capítulo expone un conjunto de argumentos que ponen en duda la viabilidad del decrecimiento como antítesis del crecimiento económico; en el sexto se desarrolla la disyuntiva entre crecimiento económico y estabilidad climática, aportando argumentos a favor de un

modelo de desarrollo sostenible con bajo carbono y; finalmente, en el séptimo capítulo se discute acerca de un viejo, pero interesante debate alrededor de la importancia de los recursos naturales no renovables en el crecimiento económico, en el contexto de la administración del presidente Gustavo Petro, quien se ha declarado como un férreo oponente al modelo extractivista, sin meditar en las implicaciones a largo plazo que traerá para la economía colombiana, la no exploración y explotación de combustibles fósiles.

Esta obra concluye con la exposición de algunas reflexiones finales que buscan atraer la atención del público motivado por la tensa pero gobernable relación entre naturaleza y economía. Así pues, este objeto de estudio no se agota aquí; por el contrario, los temas tratados en este libro alientan el surgimiento de nuevas preguntas e hipótesis susceptibles de ser abordadas desde la economía climática y las ciencias naturales.

Capítulo 1.

Abordando el problema

1.1 Haciendo un poco de historia

En esta obra se examinan dos conceptos de especial importancia en el contexto colombiano. De una parte, el crecimiento económico que despertó un especial interés entre los economistas académicos y científicos, en particular en las décadas de los cincuenta y sesenta del siglo XX; y por otra, la preocupación por la sostenibilidad ambiental surgida a principio de la década de 1970, cuya manifestación central fue la crisis petrolera ocurrida en las economías avanzadas. Como se describirá enseguida, los hechos históricos sucedidos en ese periodo son un buen referente para cuestionar la dimensión económica de los recursos naturales, o si se prefiere, la dimensión natural de la economía.

Lo cierto es que, hasta comienzo de la década de los setenta del siglo XX, el crecimiento económico había colonizado el pensamiento y las agendas de los países que querían enrutarse hacia un desarrollo económico estable. Por ejemplo, en 1972 tras la publicación del controvertido informe preparado por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (en adelante, MIT por su sigla en inglés) por encargo del Club de Roma titulado *Los*

Límites del crecimiento, la crisis ambiental despertó el interés de la población mundial. A partir de este suceso, emerge un considerable interés por la sostenibilidad ambiental del planeta y la preservación de la vida.

Coyle (2017) afirma que, en la década de los 70 del siglo XX se fusionaron tres acontecimientos particulares que marcaron la agenda de las economías avanzadas. El primero de ellos, fue la estanflación inducida por el aumento de los precios del petróleo por iniciativa de la OPEP como respuesta al probable agotamiento de los recursos naturales no renovables; el segundo fue la Guerra Fría entre la antigua Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) y los Estados Unidos, episodio que desató un auge de la carrera armamentista por la supremacía del capitalismo sobre el comunismo; y el tercero corresponde al movimiento ambientalista surgido en 1972 tras la publicación del controvertido informe *Los límites del crecimiento*.

Merlinsky (2021) resalta que, el interés por la crisis ambiental tiene su origen en las primeras fotografías de la Tierra tomadas desde el espacio exterior por los astronautas de la misión Apolo 11 en 1969. Aparte de la belleza exuberante que exhibía el planeta visto desde el espacio, aquellas fotos reflejaban “la fragilidad de la Tierra, sus organismos y procesos que la hacían habitable” (p. 27). Este episodio histórico posteriormente se complementó con la primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano realizada en Estocolmo (Suecia) en 1972, motivada en cierto modo, por la presión internacional de activistas de Estados Unidos, Europa y Japón preocupados por la crisis ambiental. Esta conferencia fue la primera experiencia mundial dedicada a examinar exclusivamente los principales problemas ambientales, aunque nunca sobrevino de esta conferencia una solución a los problemas ambientales estructurales.

De este encuentro mundial se rescata la creación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el establecimiento del derecho ambiental y un conjunto de principios para la gestión del medio natural en su relación con la salud humana.

En ese informe, Meadows et al. (1972) afirmaban que, si el crecimiento de la población mundial, la industrialización, la contaminación, la producción agrícola y la explotación de recursos naturales se mantenían en niveles idénticos a los registrados a principio de la década de 1970, el planeta Tierra alcanzaría los límites máximos de crecimiento en cien años como máximo. El mensaje era que, las economías ya no podían crecer más debido al agotamiento de los recursos naturales no renovables y a la explosión demográfica. Entonces, la solución según el MIT como autor del estudio, era desmaterializar la economía, es decir, pasar de producir bienes a prestar servicios en una buena proporción para reducir la contaminación que crecía como espuma.

Los límites del crecimiento como un estudio novedoso, riguroso y exhaustivo que combinaba de manera ingeniosa la economía y la naturaleza, dieron origen a las bases analíticas iniciales para entender el excesivo crecimiento de la población humana y la insostenibilidad de los recursos naturales para soportar el exceso de población, mostrando las potenciales consecuencias del crecimiento incontrolado en un planeta de recursos finitos. La gran pregunta en aquella época era, cómo crecer continuamente en un planeta con recursos naturales no renovables condenados a extinguirse y con una dinámica poblacional fuera de control. Una vez publicado este informe, las comunidades científicas, políticas e internacionales se volcaron a cuestionar las bondades del crecimiento económico y a plantear algunas objeciones al

mismo como objetivo de política económica. Como era de esperarse, los economistas continuaban firmes en su posición ideológica en defensa al crecimiento sostenido, argumentando las bondades del progreso tecnológico que se impondría en el futuro como la solución más idónea para la sustituibilidad de los recursos naturales no renovables, cuyas reservas según el informe del MIT, no durarían más allá de un siglo.

Posteriormente, en 1992 se publicó una nueva versión del informe a cargo del mismo equipo de investigación del MIT, ahora titulado: *Más allá de los límites del crecimiento*. En este nuevo estudio, Meadows et al. (1992) reafirman que, el planeta Tierra ha superado su capacidad de carga, es decir, el medio ambiente es incapaz de soportar la creciente población que demanda una mayor cantidad de bienes y servicios. Luego, en el año 2004 se publicó otra versión actualizada del mismo informe bajo el título *Los límites del crecimiento: 30 años después*. En esta obra, Meadows et al. (2004) recogen las principales conclusiones de los dos informes anteriores utilizando estadísticas actualizadas y herramientas analíticas más sofisticadas. Así, tres décadas más tarde según estos autores, los problemas ambientales habían empeorado. La preocupación por el rápido crecimiento de la población mundial, el incremento de la producción industrial, el agotamiento de los recursos naturales no renovables y el aumento de la contaminación no habían perdido vigencia. De hecho, el mensaje de la comunidad científica era el mismo: “no puede haber un crecimiento poblacional, económico e industrial ilimitado en un planeta de recursos limitados”.

Finalmente, el mismo equipo científico publicó en 2012 en idioma francés el libro: *Les limites à la croissance: dans un monde fini (Los límites del crecimiento: en un mundo finito)*. Meadows et al. (2012) con el apoyo de

datos actualizados sobre clima y biosfera más la medición de la huella ecológica continuaban sosteniendo que, el planeta Tierra ha llegado a sus límites físicos, comparando esta caótica situación con una danza en los bordes de un volcán a punto de explotar. Nótese que, transcurridos cuarenta años desde la publicación del primer informe del MIT en 1972, el deterioro ecológico a nivel mundial no se ha detenido. Pese a las advertencias y recomendaciones de la comunidad científica, las tasas de crecimiento de la población en los países en desarrollo siguen siendo altas, la dependencia de los combustibles fósiles no ha mermado, los avances en desarrollo y adopción de energías limpias son incipientes, la confianza en las bondades del crecimiento económico se mantiene firme, el calentamiento global no ha despertado la suficiente conciencia entre los políticos, burócratas y hacedores de política pública. En fin, la fe tecnológica como la gran solución al cambio climático pese a sus críticas, ha recobrado más fuerza.

Solo basta ilustrar la excesiva confianza en el desarrollo tecnológico como solución a la crisis ambiental a partir de un hecho histórico. A principio de la década de los setenta del siglo XX, ante la crisis petrolera y la subida estrepitosa de los precios del petróleo, la industria automotriz en los países desarrollados se había caracterizado por la producción de automóviles grandes, espaciosos y con motores de gran potencia. Los fabricantes de automóviles ante la subida de los precios de los combustibles, se vieron obligados a innovar en la producción de autos más pequeños, más livianos, más eficientes en el consumo en combustible y, por tanto, más baratos. Este es un claro ejemplo del papel que juega la tecnología en el desarrollo de materias primas e insumos y la adopción de nuevos conocimientos enfocados a la sustitución cuasi perfecta de determinados recursos naturales con existencias limitadas. La pregunta

que surge aquí es: ¿Qué podrá pasar con los países en desarrollo como Colombia, caracterizados por un nivel bajo de progreso técnico, un crecimiento poblacional dinámico afectado por problemas migratorios y con una economía muy dependiente de recursos energéticos? De hecho, este asunto será tratado con mayor detalle en el séptimo capítulo.

1.2. Referentes conceptuales

Antes de dar paso a la descripción del proceso de investigación seguido, es necesario hacer la diferenciación conceptual entre «calentamiento global» y «cambio climático». Romm (2022) define el calentamiento global como el aumento de la temperatura media en toda la superficie terrestre en un periodo de tiempo determinado, por ejemplo, un año. Este autor advierte que, sin la presencia de calentamiento global, la temperatura media del planeta solo variaría en una pequeña fracción de grado centígrado de un año a otro. La temperatura media global según Romm (2022), es una medida de la energía en el sistema climático mundial; por tanto, la subida de un grado en la temperatura media significa la adición de cantidades importantes de energía al sistema. El cambio climático según él, está relacionado con cambios climatológicos causados por el aumento de la energía en el sistema, cuyos efectos se manifiestan en la ocurrencia tormentas extremas, alteraciones en los patrones de lluvias y en temperaturas más frías de lo normal en ciertas regiones y periodos de tiempo determinados.

Siguiendo a Wallace-Wells (2019), el calentamiento global no es solo un mito que intenta crear terror en la población desinformada. Es en verdad, una lamentable realidad que convive desde hace mucho tiempo con nosotros, sin que le hayamos puesto la suficiente atención. El ca-

lentamiento global podría ser el causante de hambrunas, plagas, aire no respirable, migraciones masivas, conflictos armados mundiales hasta colapso económico. Para Kolbert (2014), el cambio climático es la sexta extinción de la humanidad paradójicamente orquestada por el mismo ser humano (la quinta extinción fue la desaparición de los dinosaurios debido al choque de un gigantesco asteroide contra la Tierra).

La Organización Meteorológica Mundial (OMM), revela que los gases de efecto invernadero que atrapan el calor en la atmósfera han aumentado a un ritmo acelerado jamás visto. La concentración de carbono a nivel mundial pasó de 400,1 partes por millón (ppm) en 2015 a 403,3 ppm en 2016 y a 405,5 ppm en 2017, lo cual está produciendo un desorden climático manifestado en la subida del nivel del mar, la acidificación de los océanos y la ocurrencia de un conjunto de fenómenos meteorológicos extremos (OMM, 2018). El secretario general de la OMM, señor Petteri Taalas advierte que: “La ciencia es clara: si no reducimos rápidamente las emisiones de dióxido de carbono y de otros gases de efecto invernadero, el cambio climático tendrá efectos cada vez más destructivos e irreversibles en la vida en la Tierra” (OMM, 2018, p. 1).

Hecha esta aclaración, es preciso comentar que, en esta investigación se da respuesta a dos preguntas clave que interrelacionan economía y naturaleza, teniendo en cuenta que la gran preocupación de la humanidad es hoy, la sostenibilidad de la vida en el planeta. En los medios de comunicación circulan recurrentes indagaciones y mensajes, a saber: ¿puede el planeta tierra soportar el ritmo de crecimiento económico actual y futuro?, ¿es el crecimiento económico la principal causa del calentamiento global?, ¿son los recursos naturales un freno al crecimiento económico?, ¿vale la pena insistir en la exploración y explotación de combustibles fó-

siles?, ¿se deben suspender de una vez por todas las licencias de exploración y explotación de combustibles fósiles?, ¿es conveniente continuar con la exploración y explotación de combustibles fósiles hasta tanto se consoliden programas y proyectos estratégicos de energías alternativas?, ¿qué se puede hacer para evitar un colapso de la naturaleza?, solo para citar algunas. En fin, si esto es así, ¿por qué no abandonar la pretensión de mantener un crecimiento sin límites y adoptar medidas decrecentistas?

La presente investigación se enfoca a resolver el interrogante general que se enuncia a continuación en el contexto de la economía colombiana: ¿existe una disyuntiva entre crecimiento económico y estabilidad climática que justifique el uso de medidas decrecentistas a ultranza como estrategia de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), las cuales elevan la temperatura media de la superficie de la tierra? Por ello, se plantearon y resolvieron dos preguntas específicas, así: 1) ¿Es el crecimiento económico el causante del aumento de las emisiones de GEI en Colombia que elevan la temperatura media de la superficie terrestre?, y 2) ¿Son los recursos naturales no renovables un freno al crecimiento económico del país?

Las tres preguntas anteriores surgen en el marco de las políticas públicas contenidas en el actual Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia, potencia mundial de la vida”, donde se propone transformar la matriz energética del país (un propósito loable y necesario pero que toma tiempo), pero a costa de la implementación de medidas decrecentistas enfocadas a eliminar los futuros contratos de exploración y explotación de recursos energéticos en el país, sin considerar la soberanía y seguridad energética, y demás implicaciones en materia de crecimiento económico.

Estos interrogantes y otros rondan a diario el pensamiento de las personas. Por supuesto, las respuestas que cada quien exija, o al menos, que cada quien anhele, revisten de un nivel de complejidad tal, que ni siquiera las mismas ciencias naturales logran contestar satisfactoriamente. Por ejemplo, muchas personas dudan acerca de que, si el crecimiento económico es la causa, o es el efecto de las emisiones de carbono que provocan el calentamiento de la Tierra. De la respuesta dependerá el qué hacer. Por ejemplo, si las emisiones de carbono explican el crecimiento económico, una reducción de las emisiones contaminantes hará que la tasa de crecimiento del PIB disminuya; en cambio, si el crecimiento económico es el que determina las emisiones de carbono que, a su vez, provocan variaciones en la temperatura media; una disminución de la tasa de crecimiento del producto hará que las emisiones contaminantes se reduzcan y, por tanto, los efectos del cambio climático se aminoren.

Ahora bien, en el primer caso, los esfuerzos de la política pública se dirigirán a la reducción de emisiones como lo establece el Acuerdo de París, o en el segundo, se buscará reducir el crecimiento económico, probablemente, hasta provocar el estancamiento de la producción y el empleo. Para no ir más lejos, una reducción de las emisiones de dióxido de carbono en Colombia en un 7,4% haría que el PIB real disminuya de 3,6% a 3,2% (ver tabla 4). Aunque, la diferencia de -0,4% se muestra como un valor despreciable o poco significativo en términos de puestos de trabajo, esto significaría 32 mil nuevos desocupados.

En consecuencia, la variable a intervenir por los medios disponibles es la emisión de gases de efecto invernadero y carbono negro que afectan positivamente el crecimiento económico, aunque no debe pasarse por alto que, el crecimiento económico también determina las emisiones de

carbono. Dicho lo anterior, lo más sensato es decir que, el cambio climático como fenómeno sumamente complejo corresponde a los cambios de temperaturas y patrones meteorológicos a largo plazo, siendo mayoritariamente sus causas de origen antropogénico. Dicho en otras palabras, el cambio climático es un efecto del comportamiento humano productivo y no productivo, aunque lo no productivo se relaciona indirectamente con lo productivo, esto es, con el crecimiento económico. A este respecto, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático afirma que, el calentamiento de la Tierra provoca aumento de la temperatura media global, alteraciones en los patrones de precipitación, reducción de la criósfera, aumento en el nivel de los mares y eventos climáticos intensos (IPCC, 2007).

A decir verdad, no parece existir dudas acerca de que el cambio climático es causado por actividades humanas, tales como: la quema de combustibles fósiles, la producción de cemento, la deforestación y el cambio de uso de la tierra (IPCC, 2007; Stern, 2007). El cambio climático es un problema etiquetado de «urgente», por tanto, requiere del “esfuerzo más sostenido, bien gestionado y globalmente cooperativo que jamás haya realizado la especie humana” (Wagner & Weitzman, 2016, p. 14). Aparentemente, el cambio climático plantea un *trade-off* entre dedicar recursos al crecimiento económico, o recursos a preservar el medio ambiente. Desde luego, hay una tercera opción que consiste en destinar una mayor inversión en I+D+i para desarrollar nuevas fuentes de energía que reemplacen a las convencionales. Como es lógico, lo científico y tecnológico es competencia de los países desarrollados por dos razones específicas: la primera, por ser las economías más contaminantes; y la segunda, por poseer el mayor desarrollo científico y tecnológico. En este orden, a los países en desarrollo les corresponde ser receptores de transferencia tecnológica.

A fin de cuentas, la sociedad contemporánea no tiene dudas sobre las causas y los efectos de la subida de la temperatura media de la superficie terrestre. La idea es no continuar lamentándose de lo ocurrido, sino de actuar de manera cooperativa y firme. Según Stern (2013), todavía hay tiempo para evitar los efectos mayúsculos del cambio climático, pero esta decisión estratégica demanda medidas enérgicas e inmediatas. De acuerdo con Stern (2007), el cambio climático exige respuestas globales urgentes, pero las medidas que adopten los países ricos y pobres para enfrentar este fenómeno, no deben limitar sus aspiraciones de crecimiento económico. El ingenio humano representado en el cambio tecnológico según Wagner & Weitzman (2016), sería la salvación.

Por su parte, Nordhaus (2015) ante los fracasos de los acuerdos climáticos, propone la constitución de un club del clima donde los países adherentes deberían pagar una cuota para disminuir las emisiones de carbono y los países que no se sumen a esta iniciativa, serían penalizados con aranceles. Esta novedosa estrategia según él, sería efectiva para reducir las emisiones de GEI, acelerar la descarbonización y limitar el aumento de la temperatura media global a 1,5 °C. A nivel regional, la CEPAL (2024) le apuesta a la transición hacia economías con bajas emisiones de carbono y resilientes al cambio climático. Dicho de otra manera, comparte el mismo ideal del Banco Mundial de una transición hacia economías de bajo consumo de carbono, pero sin provocar graves alteraciones en el crecimiento económico y en el empleo. Dentro de las propuestas están: el desarrollo de energías alternativas, el transporte eléctrico, la producción de hidrógeno verde y la implementación de la economía circular.

Desde la mirada ortodoxa, el cambio climático se describe como una externalidad negativa (Stern, 2007, 2008) con impactos globales inde-

pendientemente del lugar geográfico donde se generan las emisiones (todos somos afectados sin importar el país en que nos encontremos). Esto significa que, los esfuerzos que hagan los países en desarrollo serán insuficientes e inútiles, si las economías avanzadas que se consideran mayormente contaminantes no cumplen sus compromisos en materia de reducción de emisiones contaminantes atmosféricas. Valga la pena ilustrar esta situación con un sencillo ejemplo: Colombia en el año 2024, solo aportó el 0,2% a nivel mundial y el 4,3% a nivel regional de las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera. Estas cifras podrían ser interpretadas erróneamente al creer que, como Colombia es poco contaminante, por ende, no se ve tan afectado por el calentamiento global. En fin, se debe aceptar que todos los países contaminan en mayor o menor magnitud, pero a la vez, todos están dentro de la biosfera como un sistema abierto a la entrada de materia y energía, pero cerrado a la expulsión de desechos y energía disipada. Esta condición a todos los países los vuelve parte del problema y de la solución. Infortunadamente, el cambio climático global es un fenómeno incluyente.

1.3 La gran preocupación

Dado que la Tierra está fuertemente sometida al uso de combustibles fósiles, cuya quema es responsable de una buena parte del aumento de la temperatura media global, vale decir que, corren buenos vientos a favor del desarrollo de energías limpias. Actualmente, los motores de combustión interna están siendo reemplazados, aunque de manera lenta, por motores eléctricos que prometen ser más amigables con el medio ambiente. Así pues, la necesidad de transporte humano de tradición histórica, inicialmente satisfecha por carretillas tiradas por caballos, luego por automóviles movidos por grandes motores de combustión interna, en

tiempos modernos por automóviles con motores convencionales mucho más pequeños y eficientes, hasta los actuales automotores eléctricos que poco a poco se vuelven más populares.

Aunque las necesidades humanas son finitas y siempre han sido las mismas a lo largo de la historia (Max-Neef, 1994). En las economías de mercado, los satisfactores están presionados por la innovación incremental y la rivalidad empresarial, condiciones que exigen ciclos de vida más cortos para los productos finales. Aun cuando, no sabemos qué nos depara el futuro, hay que entender que el consumismo alienta la sobreexplotación de la naturaleza y produce externalidades negativas como la contaminación. El reto de la humanidad, es pues, gestionar el consumo de manera sostenible, interiorizando en la mente del consumidor el mensaje que, es posible vivir con un número reducido de satisfactores, dado que muchas necesidades han sido creadas y sostenidas por el poderío del marketing. En tal sentido, en la perspectiva heterodoxa es crucial adoptar un enfoque económico alternativo que imponga restricciones al paradigma de las preferencias individuales y a la voracidad del *homo economicus*¹, quien reclama para si mismo, el consumo de más bienes y servicios. Aparentemente, de esto depende su bienestar o felicidad.

Entendida la importancia de la relación entre economía y naturaleza, nos referiremos enseguida al crecimiento económico, asemejando este concepto a la producción de una gran torta que requiere de trabajo humano, habilidades técnicas, conocimientos, equipos, herramientas,

1 El *homo economicus* es una metáfora usada tradicionalmente en teoría económica para resaltar la racionalidad absoluta que algunos economistas, le atribuyen al consumidor. Las investigaciones científicas y el sentido común han demostrado que las personas actúan con racionalidad limitada y muchas veces se comportan como seres irracionales y compulsivos (Ariely, 2008).

recursos naturales (suelo, aire, agua, vida microscópica, etc.), energía eléctrica, gas propano y progreso tecnológico (eficiencia económica). La torta producida será posteriormente vendida en un mercado determinado al mejor postor y el ingreso que reporte su venta, será repartido entre quienes participaron en su producción, a saber: el propietario de la pastelería, los pasteleros, los ayudantes y el personal administrativo. Por supuesto, está presente la retribución al capital como premio al riesgo, a la financiación de la inversión (costo de oportunidad) y a la espera hasta que la producción pueda ser vendida.

La torta representa el PIB real total, los agentes que participan en la producción son los trabajadores, empresarios y el Estado/Gobierno como el responsable de expedir normas y reglas para ordenar el proceso productivo y organizar el diálogo y la cooperación entre los agentes económicos. Como es lógico, en un sistema de economía de mercado, los agentes económicos que participan reclaman una retribución por su contribución a la producción de la torta. Por ejemplo, los pasteleros exigirán el pago de salarios por la fuerza de trabajo aportada, el propietario de la pastelería exigirá el pago de un beneficio por los servicios de capital y el Estado/Gobierno reclamará el pago de impuestos por su papel de director general de la economía. Por otro lado, los invitados a degustar la torta constituyen la población total, la cual se halla conformada por personas nacionales y extranjeras, hombres y mujeres libres de cualquier edad, etnia, religión o filiación política que habitan un territorio determinado.

Con todo, ha llegado el momento de repartir la torta cuyo valor se halla expresado en unidades monetarias (en este caso, en pesos colombianos) entre la totalidad de invitados, o sea, la población total. De aquí surge, el concepto de PIB per cápita o la renta per cápita, sea que se tome como pro-

ducción por habitante o ingreso por habitante². Recuérdese que, una vez producida la torta, esta es vendida para la obtención de un ingreso o renta, el cual será repartido entre los agentes que participaron en su producción como pago factorial. En efecto, el capital físico representado en las instalaciones de la pastelería, los hornos, los equipos, las herramientas y demás elementos pertenecientes al propietario de la pastelería (capitalista o empresario), recibirá una retribución que suele denominarse en el sistema de cuentas nacionales como excedente de explotación e ingreso mixto.

De idéntico modo, los servicios del trabajo recibirán un pago llamado remuneración de los asalariados y el Estado/Gobierno como árbitro, interventor y regulador del circuito económico, recibirá impuestos indirectos netos de subsidios. Los tres tipos de renta anteriormente citados configuran el cálculo del PIB por el método de ingreso. Esta estructura sirve para conocer cómo se distribuye la renta nacional obtenida a través de la venta del producto nacional, cuyo reparto es objeto de intensos e inacabados debates entre desarrollistas y progresistas, entre economistas liberales que promueven un Estado pequeño y eficiente, y economistas heterodoxos que demandan una mayor intervención gubernamental para evitar posibles abusos del sector privado y poner en marcha medidas redistributivas, que sirvan para paliar la desigualdad económica que, de seguro surgirá del proceso productivo capitalista.

Ahora bien, en el proceso productivo de la torta se combinaron los servicios del trabajo y los servicios del capital para dar vida a la producción. Enseguida, la torta como fruto de una relación social de producción será

2 Se entiende que una vez la producción se encuentre lista, esta será llevada al mercado para su venta, por tanto, la producción se convierte en renta o ingreso, con la cual se retribuirá a los factores productivos conforme a su contribución.

dividida entre la población total para determinar qué tan grande o qué tan pequeño es cada trozo. Si, después de esta división a cada persona le corresponde una porción más grande que la anterior se dirá que la prosperidad material de los individuos mejoró; en caso contrario, se despertará preocupación. El tamaño de cada porción de la torta dependerá de cuán grande es el diámetro de la misma y qué tan numerosos son los invitados.

Por esta razón, al sistema económico le conviene agrandar el diámetro de la torta mediante un proceso productivo más eficiente y con menores costos; asimismo es prudente reducir el número de invitados. De este modo, entre menos invitados haya, cada persona recibirá un trozo más grande y succulento de la torta haciendo que su bienestar material aumente. Pero también es deseable que ocurra esto: que la próxima torta que se produzca sea más grande que la anterior, y que el número de invitados no haya variado mucho. Si esto ocurre, entonces diremos que la tasa de crecimiento de la torta por invitado se ha acrecentado concluyendo que, el invitado de hoy es más rico que el invitado de ayer debido a las diferencias de tamaño de los trozos de la torta en distintos momentos del tiempo. Así pues, la explicación salta a la vista: el invitado de ayer disfrutó de un menor trozo de la torta que el invitado de hoy, por tanto, el último invitado es más rico que el primero. Por favor, saquen ustedes sus propias conclusiones.

Antes de adentrarnos en otros detalles relacionados con la producción y distribución de la torta para entender la concepción del crecimiento económico. Cabe señalar que, existe una disyuntiva entre eficiencia y equidad. La eficiencia en el sentido de Pareto es concebida como aquella “situación en la que no es posible mejorar el bienestar de ninguna persona sin empeorar el de alguna otra” (Stiglitz, 1995, p. 97). No obstante,

aunque la economía competitiva sea eficiente, e hipotéticamente, esté libre de fallos de mercado; la distribución de la renta puede no considerarse deseable por parte de alguno de los agentes económicos. Es por esto que, se justifica la intervención del Estado en la economía para reducir la desigualdad a través de mecanismos redistributivos como, por ejemplo, los impuestos progresivos: el aumento en el impuesto de renta a los propietarios de las pastelerías para la financiación gubernamental de programas sociales dirigidos a los pasteleros más pobres y vulnerables para paliar la inequidad.

Vale decir que, el mercado opera con principios de eficiencia en la asignación de recursos escasos que tienen fines competitivos. Lastimosamente, el mercado está desprovisto de sensibilidad, moralidad y motivaciones que no encajan perfectamente en el interés propio, sin negar que, en la naturaleza humana también está presente el amor al prójimo como un gesto conmovedor al que Adam Smith, llamó simpatía. Dicho eso, los mercados pueden ser eficientes, pero jamás serán justos. Por esta razón, los debates en la política pública son interminables, y a veces, estériles.

De todas maneras, si la relación entre equidad y eficiencia es inversa, se tendría que sacrificar eficiencia para reducir la desigualdad económica, y viceversa. Según Stiglitz (1995), “el intento de reducir la desigualdad mediante impuestos progresivos induce a trabajar menos, disminuyendo así la eficiencia” (p. 98). De acuerdo con la teoría económica, menos trabajo implica menos producción y, en consecuencia, menos empleo es equivalente a menores ingresos laborales para consumir y para ahorrar. Eso sin duda, se traduce en menor crecimiento económico. Nótese que, los impuestos directos aumentan los costos de producción de las empresas. Por ley de la demanda, precios más altos significa reducción del consumo,

esto es, menores ventas para los productores y comerciantes. Esto deriva en menor producción y menor empleo; de ahí que, una débil capacidad de la economía para generar trabajo significa una merma sustancial de las rentas salariales y, por ende, un menor consumo con efectos negativos en la demanda agregada. Si se repiten estos hechos una y otra vez, la teoría económica predice que el sistema perderá eficiencia, afectando negativamente el crecimiento económico y, por ende, el empleo. Dicho eso, a la economía no le conviene mucho acudir a medidas que resuelvan la inequidad; en concreto, el crecimiento económico es el resultado de la eficiencia económica, y la eficiencia económica depende del progreso tecnológico; o sea, de la manera como los servicios del trabajo y del capital se combinan para producir más y mejores tortas.

En ese orden de ideas, los defensores de la eficiencia o de la equidad se ubican en extremos diametralmente opuestos. Los que abogan más por las bondades del crecimiento económico querrán que el Estado intervenga y regule cada vez menos, procurando que las condiciones económicas sean favorables para la producción de una torta de mayor tamaño y, a la vez, más barata. En cambio, los defensores de la equidad estarán de acuerdo en que la desigualdad es el principal problema de la sociedad que impide que las personas puedan gozar de un bienestar generalizado; por tanto, exigirán acciones concretas para reducir la desigualdad, sin preocuparse por los efectos negativos derivados de la pérdida de eficiencia económica. O, mejor dicho, los primeros estarán interesados en que la torta crezca continuamente para garantizar un trozo más grande a los invitados sin importar que los trozos de torta no sean iguales para todos; en cambio, los segundos se sentirán más atraídos por una distribución igualitaria sin importarles lo que suceda con el tamaño de la torta.

Ahora bien, el Estado/Gobierno tiene que actuar a favor de la eficiencia o de la equidad. Eso dependerá de la ideología política de los gobiernos de turno, es decir, de que tan apegados estén al sistema capitalista. Si lo que quiere es favorecer la eficiencia, entonces se tendrá que disminuir la carga impositiva a los propietarios de las pastelerías para abaratar la producción de las tortas. Si lo que busca es favorecer a la equidad, entonces se tendrá que aumentar la carga impositiva a los dueños de las pastelerías, restando eficiencia a la producción y aumentando costos. Fíjense que el rol que juega el Estado/Gobierno es complicado por los intereses contrapuestos entre la eficiencia y la equidad. Por un lado, no es conveniente que el crecimiento económico se vaya a pique por inclinarse excesivamente hacia la equidad, ni tampoco que la desigualdad económica se dispare por la excesiva eficiencia. Por ello, en las decisiones de política económica deben ser valorados minuciosamente los beneficios y costos para generar el menor daño posible.

Pero hasta aquí, no se ha considerado la participación de la naturaleza representada en los cultivos de trigo que dieron origen a la harina, en las gallinas que pusieron los huevos, y que luego se mezclaron con la harina, el agua, la margarina y la sal para producir la masa. Tampoco se ha reflexionado acerca de la sal que se produjo en las minas localizadas a cientos o miles de kilómetros de las pastelerías, en los microorganismos que aportaron nutrientes a la tierra para que las plantas de trigo fueran más vigorosas y resistentes para soportar las enfermedades y las variaciones del clima, en los organismos vivos que actuaron como controles biológicos para neutralizar las plagas a costo cero, en el agua que se utilizó como riego para que el cultivo de trigo pudiera desarrollarse, ni tampoco en la energía eléctrica que iluminó la planta de producción

de tortas, ni siquiera en la electricidad que accionaron los molinos y en el gas propano que hizo que los hornos funcionaran.

Ahora bien, la torta que todos quieren saborear es producto del trabajo humano, del capital físico y de la tierra como expresión de la naturaleza. Pero también es fruto de los conocimientos acumulados en la sociedad que impulsaron el progreso tecnológico, materializado en el perfeccionamiento de la receta, en el desarrollo de mejores ingredientes y en el uso de equipos más sofisticados y eficientes. Todos estos esfuerzos hicieron que la producción de la torta fuese más rápida, más barata, más gustosa y al alcance de las posibilidades económicas de los amantes de este bien.

Al describir la distribución de la renta obtenida proveniente de la venta de la torta entre el dueño de la pastelería como propietario del capital, los pasteleros como aportantes de la fuerza laboral y el Estado/Gobierno como director de la economía, estamos frente a la distribución funcional del ingreso. El hecho de que la torta (PIB real) se haya dividido entre la totalidad de invitados (población total) obteniendo así, una producción de torta por invitado (PIB per cápita), no quiere decir que el ingreso obtenido haya sido distribuido equitativamente entre todos los estratos sociales. De eso, se ocupa el reparto personal o la distribución personal de la renta, es decir, de responder a la pregunta: ¿Qué tan bien o mal se encuentra distribuido el ingreso entre las personas? Esto se refiere al ingreso individual o familiar, y el instrumento más idóneo para contestar esta pregunta es el índice de Gini. Un índice de Gini cercano a cero significa que, hay una igualdad perfecta y un índice próximo a uno, indica que hay una desigualdad absoluta. Por ejemplo, el índice de Gini en Colombia en 2023 según el DANE es de 0,546; como este valor está más próximo a uno que a cero, es señal de desigualdad económica. El desafío

para la política pública es, pues, identificar las medidas más adecuadas de intervención para reducir este índice sin olvidar el *trade-off* existente entre eficiencia y equidad arriba comentado.

A la distribución personal del ingreso por estratos sociales se suma ahora, la distribución del producto, esto es, la apropiación de la torta entre los invitados, ahora clasificados en diferentes estratos o capas sociales. En este sentido, lo interesante es conocer cuántas personas pudieron consumir la torta como bien privado y cuántas no. Aunque la torta fue producida pensando en un conjunto amplio de invitados, no todos pueden acceder a ella debido a la existencia de un precio por cada trozo (valor de cambio). Si bien hay muchísimos amantes de la torta, no todos están en capacidad de comprar un trozo, por tanto, aquellos individuos que lo puedan hacer, disfrutarán de la creatividad y pasión de los pasteleros. Posiblemente, los demás deberán esperar a que el Estado/Gobierno pueda producir una torta pública, o en caso contrario, pueda otorgar subsidios a los consumidores de tortas con poca o nula capacidad de compra para que puedan comer torta.

Recapitulando, el crecimiento económico configurado en el PIB real total y en el PIB real per cápita no constituyen una medida de bienestar humano real, solo representan el crecimiento o decrecimiento del producto material, esto es, la cantidad de bienes y servicios producidos en un país en un trimestre o en un año determinado. En el caso que nos ocupa, esto se expresa en la mayor o menor producción de tortas. Así, menos producción de tortas significará un menor enganche de pasteleros, menores compras de insumos (harina, huevos, mantequilla, sal, etc.), menor consumo de servicios públicos domiciliarios (energía eléctrica, agua potable, manejo de basuras, etc.), un menor recaudo de

impuesto, lo cual conlleva a un menor gasto público; así como también, a una menor reinversión por parte de los dueños de la pastelería (ampliación de la planta física, reemplazo de equipos, desarrollo de patentes, apertura de nuevas sucursales, etc.).

Nótese que, el crecimiento económico es capaz de expandir la producción y el consumo con fuertes implicaciones en el empleo y en el ingreso de los hogares. En ese sentido, el premio Nobel Robert Lucas, Jr. durante las Conferencias Marshall dictadas en la Universidad de Cambridge en 1998 (como se citó en Ray, 2002), al referirse al concepto de desarrollo económico, escribió lo siguiente:

Por problema de desarrollo económico entendemos simplemente el problema de explicar los niveles de renta per cápita y sus tasas de crecimiento que observamos en los distintos países y a lo largo del tiempo. Es posible que esta definición parezca alicorta y quizá lo sea, pero analizando la renta inevitablemente analizaremos también otros muchos aspectos de las sociedades, por lo que sugeriría que renunciásemos a juzgar el alcance de esta definición hasta tener una idea más clara de adónde nos lleva. (p. 5).

En este fragmento de su conferencia, Robert Lucas invita a los teóricos del desarrollo a no despreciar el poderío de la renta per cápita como movilizadora de desarrollo económico, por su alta influencia en el conjunto de variables que explican el progreso económico y social. Si se toma en cuenta la estructura del Índice de Desarrollo Humano (IDH), las variables indirectamente afectadas positivamente por la renta per cápita son la esperanza de vida que mide la longevidad de la población y la educación medida a través de la tasa de alfabetización, la tasa bruta

de matriculación y la asistencia neta. Fíjense que, una mayor renta por habitante genera impactos positivos sobre la esperanza de vida, la educación, e incluso, la salud de la población. Por ello, se puede afirmar que, el crecimiento económico es trascendental para el bienestar humano, así las críticas al PIB no cesen.

Hablando de críticas, Boulding (1945) como un reconocido economista ecológico, cuestiona a los economistas convencionales de su época, a quienes critica por creer a ciegas que la producción, el consumo y el PNB eran los indicadores adecuados en la medición del éxito económico. En la actualidad muchos economistas están de acuerdo en que, el PIB no es capaz de explicar el bienestar humano en su totalidad, ya que deja por fuera del análisis asuntos relevantes como el deterioro ecológico, la crisis ambiental, el trabajo doméstico y del cuidado (Carpintero, 1999; Martínez Alier & Roca, 2013). Por eso, no podemos sentirnos contentos solo porque alguien anuncie que la tasa de crecimiento interanual del PIB real por habitante creció en alguna cifra, por decir, en un 5 %. Si bien el crecimiento económico es muy importante como medida de prosperidad material, de ningún modo, puede ser considerado como equivalente perfecto de bienestar humano en sentido estricto. Cabe mencionar que, el IDH incorpora al ingreso per cápita por las razones expuestas arriba.

En términos generales, todos sabemos que la torta se produjo bien, qué al trabajo y al capital se les retribuyó de acuerdo a su cuota de aportación en la producción, qué a la torta se le fijó un precio para luego ser vendida en el mercado de bienes y servicios, qué tanto la producción como el ingreso obtenido se dividieron entre el total de invitados para calcular la producción por invitado (PIB per cápita) y la renta por invitado (renta per cápita); y de este modo, establecer comparaciones con otros

productores de tortas localizados en otros países para conocer a quién le fue mejor o peor. Desde el punto de vista de eficiencia, todo parece estar claro y aceptable; empero, las dudas surgen al examinar qué tan equitativo fue el reparto personal del ingreso resultante de la venta de la torta entre los individuos pertenecientes a diferentes estratos sociales: ¿será que todos recibieron una parte justa del ingreso derivado de la venta de la torta?, ¿será que los pasteleros fueron remunerados justamente, o el propietario de la pastelería se quedó con la mayor parte del beneficio?; y por último, cómo se hizo la distribución del producto final: ¿será que la torta fue consumida por todos los invitados sin importar a qué estrato social pertenecen, o solo accedieron a ella, aquellos individuos de estratos medios y altos con más dinero en sus bolsillos para poderla adquirir?

En fin, la metáfora de la torta ilustra sobre algunas debilidades del crecimiento económico que los tradicionales manuales de economía no suelen tratar a profundidad. Por lo general, en este tipo de libros de texto, el crecimiento económico es sinónimo de riqueza, prosperidad material o felicidad. Raras veces se mencionan cuestiones relacionadas con la desigualdad económica y la exclusión en el consumo de bienes privados. Por eso, no es suficiente decir que, solo basta que la economía crezca para que todo mundo esté mejor que antes. A pesar de que el crecimiento económico es necesario para gozar de comodidades, este no logra derramar todos sus beneficios sobre la totalidad de la población como se esperaría. A este respecto, Max-Neef (1986) señala que, el PIB es un “indicador engañoso del nivel y calidad de vida, ya que cubre cualquier actividad sin considerar si es beneficiosa o no para la sociedad” (p. 154); por ejemplo, los licores, el tabaco y las armas. A esto se adiciona que, el PIB per cápita es solo una cifra promedio que no necesariamente representa un punto de equilibrio donde todos los miembros de una población se ubican en

el centro de la distribución de la renta nacional, por ello, puede ser que gran parte de la población converja a cualquiera de los dos extremos.

Precisamente, en el PIB también se incluye la producción de armas que amenazan la vida, los cultivos de uso ilícito que truncan los sueños de las personas y los pesticidas que envenenan los cultivos y las fuentes de agua. El PIB no reflexiona acerca de los bienes básicos y suntuarios, tampoco rinde cuentas sobre la explotación laboral a la que se someten contingentes de mujeres y niños pobres en el mundo en desarrollo. A tal efecto, el PIB no mide el bienestar humano en su totalidad como ilusamente se cree; no obstante, existe una asociación negativa entre crecimiento económico, pobreza y desigualdad que se describirá con mayor detalle en el tercer capítulo. A pesar de la no existencia de una relación causal entre estas tres categorías, la disminución de la pobreza y la desigualdad de ingresos, requiere inevitablemente del crecimiento económico, por tal razón, el crecimiento no debe ser visto o tratado como un enemigo, sino como un soporte de la reproducción material de cualquier sociedad identifiqúese o no con el capitalismo.

Se recuerda al lector que, en los regímenes socialistas el crecimiento económico ocupa también un lugar destacado en el podio de la política económica. Solo basta echar una mirada a la China comunista dirigida por el estadista Deng Xiaoping, quien, entre 1978-1989 llevó a cabo una serie de reformas pro mercado que condujeron a este país a convertirse en el gigante asiático que es hoy. A modo de cierre, el crecimiento económico sostenido es el responsable del milagro chino, pero ese crecimiento también hizo que China, se transformara en el país más contaminante del mundo. En este caso, parece ser más claro el *trade-off* entre prosperi-

dad material o estabilidad climática. Desde luego, la superpoblación de China hace que este dilema sea más complicado de resolver.

Enseguida, el turno es para describir, así sea someramente acerca de la dimensión ambiental de la producción apoyándose en la metáfora de la torta. En la producción de la torta no se refleja el daño ambiental que pudo provocar la actividad de labranza del cultivo de trigo para la obtención de la harina. Es posible que en la tierra donde se cultiva trigo, el campesino no haya implementado la debida rotación de cultivos con sus correspondientes consecuencias negativas para el ambiente y para las cosechas; que los jornaleros no hayan utilizado adecuadamente los fertilizantes, insecticidas y pesticidas a su disposición, contaminando los acuíferos que atraviesan las fincas y abastecen algunos acueductos rurales; que se hayan ignorado adrede algunas medidas sanitarias importantes en la calidad del trigo; o que al final de la cosecha, los campesinos hayan optado por quemar los rastrojos arrasando con todo tipo de microorganismos que aportan nutrientes al suelo.

Añadiendo a lo anterior, es posible que en el proceso de transformación del trigo en harina, los responsables de los molinos hayan vertido los residuos líquidos en el río más cercano sin ningún tipo de tratamiento previo, que la planta transformadora no cumpla con las normas sanitarias y ambientales exigidas por la autoridad competente, que el personal operativo no cuente con las medidas de seguridad industrial mínimas, que dentro del personal haya niños trabajando a pesar de las prohibiciones establecidas en la legislación laboral, etc. A pesar de todo, este tipo de externalidades negativas tampoco se incorporan en el PIB, puesto que carecen de precios de mercados.

En conclusión, si bien el PIB es un indicador importante para conocer el tamaño del producto nacional y del ingreso nacional, es una medida imperfecta del bienestar humano. El PIB sobrevive en los sistemas de cuentas nacionales de cualquier país por su simplicidad, trayectoria y aceptación universal. Los políticos, empresarios, trabajadores, académicos, comunicadores sociales, expertos y profanos están atentos a que los institutos nacionales de estadísticas revelen cada trimestre su valor y su tasa de crecimiento. Lo dicho hasta aquí, no pretende invalidar la importancia del crecimiento económico como interés legítimo de cualquier sociedad que reclama prosperidad material intergeneracional, ni tampoco negar el papel del Estado/Gobierno como árbitro, interventor o regulador de la actividad económica. En este orden de ideas, el principal desafío que enfrenta el crecimiento económico es incorporar en el proceso productivo fuentes de energía alternativas y renovables; por ejemplo, medios de transporte accionados por electricidad en lugar de hidrocarburos.

En suma, no se trata de dejar de producir y consumir, o de renunciar a las comodidades actuales, independientemente de que seamos ricos o pobres. Todos, sin excepción, deben sumarse a la apuesta de producir sosteniblemente y consumir responsablemente. Para ello, la ciencia, el desarrollo tecnológico y la innovación son imprescindibles. Si el ingenio humano fue capaz de inventar en corto tiempo la vacuna contra la COVID-19 para evitar que más personas se sumaran a los quince millones de muertos, no es justo dudar de la capacidad de inventiva de los seres humanos para desarrollar y poner a disposición del mundo, fuentes de energía limpias y renovables. Al fin y al cabo, se trata de alterar la clásica función de producción incorporando fuentes de energía que no se disipan después de su uso. Este proceso implica el desacople de los combustibles fósiles de la producción material de

manera gradual y progresiva a medida que el desarrollo de la ciencia y la tecnología avanzan, en particular en las economías en desarrollo altamente dependientes de los recursos energéticos fósiles.

Capítulo 2.

Proceso metodológico

2.1. Hipótesis de trabajo

Las preguntas de investigación formuladas anteriormente permitieron desarrollar las hipótesis de trabajo que se enuncian a continuación: La hipótesis central es que, realmente en el país no existe una disyuntiva entre crecimiento económico y estabilidad climática que justifique el uso de medidas decrecentistas a ultranza como medio de reducción de las emisiones de GEI y carbono negro, cuya concentración en la atmósfera eleva la temperatura media de la superficie de la tierra contribuyendo al desorden climático. Esto significa que, no es necesario sacrificar crecimiento económico. En su lugar, las políticas deben enfocarse hacia la implantación de fuentes de energía limpias que exige un modelo de crecimiento económico bajo en carbono.

La hipótesis central se desarrolló a partir de dos hipótesis auxiliares. La primera enfocada a entender qué tan estrechos son los vínculos entre crecimiento económico, emisiones de carbono y temperatura media y; la segunda se orientó a comprender que los recursos naturales no renovables en Colombia, sí son un freno al crecimiento económico, por tanto, las

políticas energéticas del actual gobierno nacional que pretenden eliminar las concesiones para la exploración y explotación de combustibles fósiles son inconvenientes en términos económicos, puesto que reducen la tasa de crecimiento a largo plazo de la producción y la renta por trabajador.

2.2. Fuentes de información

Para la demostración de la primera hipótesis de trabajo se procesaron datos hidrometeorológicos de temperatura mínima, media y máxima a partir de la data proporcionada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), correspondiente a 363 estaciones agrometeorológicas (AM), climáticas ordinarias (CO), climáticas principales (CP), meteorológicas especiales (ME), pluviográficas (PG) y pluviométricas (PM), ubicadas a lo largo y ancho del territorio nacional. Para la demostración de la segunda hipótesis se aplicó un modelo básico de crecimiento exógeno de Solow (1956) ampliado con tierra y recursos naturales. En la estimación de la ecuación fundamental del crecimiento económico (Solow, 1957; Barro, 1998), se utilizaron las estadísticas macroeconómicas del sistema de cuentas nacional de Colombia 2005-2023 (base 2015) de frecuencia anual, así como estadísticas del mercado laboral proporcionadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Ahora bien, el propósito de este modelo es cuantificar la contribución de la tierra y los recursos energéticos al crecimiento económico colombiano y, de este modo, entender su real importancia (ver tabla 1).

Tabla 1. Estaciones climáticas por departamento consideradas en la toma de información de temperatura mínima, media y máxima.

Departamento	Estaciones climáticas
Amazonas	Cumaribo 2(33055010), Las Gaviotas (34015010), Aeropuerto Puerto Carreño (38015030)
Antioquia	La Mansa (11025010), La Honda (11075010), Urrao (11075020), Cañasgordas - Aut (11115020), Musinga (11115040), Villarteaga (12015010), Uniban (12015020), Tulenapa (12015060), Aeropuerto Los Cedros (12015070), El Mellito (12025030), Arboletes (12045010), Río Claro (23070020), Alejandría (23085030), Granja Experimental El Nus-AUT (23085080), El Peñol (23085110), San Francisco (23085140), Corrientes (23085160), San Carlos (23085220), La Selva- UT (23085260), Aeropuerto José María Córdoba-AUT (23085270), Aeropuerto Puerto Berrío (23095010), Vegachí (23105030), Aeropuerto Otú (23175020), La Granja Nacional (26175030), Hacienda Túnez (26175040), Mesopotamia (26185020), Ita Andes (26195020), El Jardín (26195030), Concordia (26215010), Hacienda Piunti (26225040), Matanzas (26235030), Santa Isabel (26255020), Tulio Ospina (27015090), Aragón (27015110), Hacienda El Progreso (27015150), Guayabito (27015190), La Salada (27015260), Olaya Herrera-AUT (27015330), Anorí (27025030), Caserí (27045020)
Arauca	Tame (36025010), Saravena (37045010), Aeropuerto Santiago Pérez (37055010)
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Aeropuerto Sesquicentenario (17015010), Aeropuerto El Embrujo (17025020)
Atlántico	Normal Manatí (29035080), Juan de Acosta (29045110), Aeropuerto E. Cortissoz - AUT (29045190)
Bolívar	Escuela Naval Cioh (14015030), Aeropuerto Rafael Núñez (14015080), Colegio Cooperativo (23205020), Santa Rosa de Simití (23205030), Monterrey Forestal (25025020), Aeropuerto Baracoa (25025100), El Guamo - AUT (29015000), San Pablo (29035110)

Capítulo 2. Proceso metodológico

Departamento	Estaciones climáticas
Boyacá	Puerto Boyacá (23115010), Otanche (23125080), Buenavista (23125100), Aeropuerto Furatena–AUT (23125140), Institución Agrícola Santa Sofía (24015090), Villa Carmen (24015220), Villa de Leyva (24015300), La Granja Saboyá (24015360), La Sierra-AUT (24025030), Cusagui (24035010), Surbata Bonza (24035120), UPTC (24035130), Belencito (24035150), Sierra Nevad Cocuy (24035240), Chita - AUT (24035250), Chiscas (24035310), Sativanorte (24035320), Boavita (24035330), Aeropuerto Alberto Lleras C (24035340), Andalucía (24035350), Cerinza (24035420), Tunguavita-AUT (24035430), Nuevo Colón (35075010), Sutatenza (35075020), Villa Luisa (35075030), Institución Agrícola Macanal (35075040), El Vivero (35085040), Campohermoso (35085050), Corinto (35195050), El Cardón (35235010)
Caldas	Samaná (23055040), Bellavista (26145020), Aeropuerto La Nubia (26155110), Finca Tesorito-AUT (26155170), La Pelada (26185010), San Félix (26185040)
Caquetá	Aeropuerto Gustavo Artunduaga (44035020), Macagual (44035030), San José Del Fragua (44045010), Valparaíso (44045020), La Mono (44045030), Tres Esquinas (44055010), Santa Rosa Caguán (46015020), Maguare (46035010)
Casanare	La Huerta Grande (35095110), Aguazul (35195030), Aeropuerto Yopal-AUT (35215020), Módulos-AUT (35225030), Trinidad- AUT (35235040), Tamara-AUT (35235050), Paz de Ariporo (36015010)
Cauca	Santa Leticia (21055030), Gabriel López (26025070), Venta De Cajibío (26025090), Tunia (26025100), Lomitas (26025110), Aeropuerto Guillermo León Valencia (26035030), Ingenio Bengala (26045010), Ingenio Cauca (26065010), Miranda (26065020), Valencia (44015030), Paispamba (52015010), La Fonda Citec (52015020), Bolívar (52025010), Los Milagros (52025020), Granja Experimental Universidad de Nariño (52025060), La Sierra (52025090), Aeropuerto Guapi - AUT (53045040)
Cesar	Aguas Claras (23215030), La Mata (23215050), Chiriguaná (25025250), El Rincón (28025020), Motilonia Codazzi (28025070), Socomba (28025080), Hacienda Centenario (28025090), Aeropuerto Alfonso López (28025502), Villa Rosa (28035010), El Callao (28035020), Guaymaral (28035040)
Chocó	Lloró (11035010), San Isidro (11035020), Aeropuerto El Caraño (11045010), San José Palmar (54025010), Panamericana (56015010), Amargal (56015030)

Departamento	Estaciones climáticas
Córdoba	Represa Urra (13015040), Aeropuerto los Garzones (13035501), Galán (13055030), Maracayo (13065020), Chima (13075010), El Salado (13075020), La Doctrina (13085010), San Bernardo del Viento (13085030), Lorica Ita - AUT (13085050), Centro Alegre (25015010), Ayapel - AUT (25025030), Hacienda Cuba (25025160), Colomboy (25025170), Planeta Rica (25025190)
Cundinamarca	Pandi (21195060), Pasca-AUT (21195190), Tibaitata (21205420), Mercedes (21205660), La Florida (21205670), Guasca (21205700), Granja San Jorge (21205720), Silos (21205740), El Dorado Catam-AUT (21205791), Suasque (21205920), Granja Providencia (21205980), Primavera de Matima (21206180), Hacienda Las Vegas (21206230), Universidad Agropecuaria-Udca (21206260), Jerusalén (21235010), Aeropuerto Palanquero (23035020), Santa Teresa (23065060), Sabaneta (23065100), Yacopí-AUT (23065110), La Cabrera (23065120), Isla del Santuario (24015120), Llano Largo (35025050), La Bolsa (35025060), El Japón (35055010), Gachetá (35065010)
Guainía	Puerto Inírida - AUT (31095030)
Guaviare	El Trueno (31015010), San José del Guaviare (32105080), Mapiripana (32155010)
Huila	Sevilla (21015020), Parque Arqueológico (21015030), Altamira (21025020), El Grifo Altamira (21025030), El Líbano (21035040), La Betulia (21045010), Escuela Agrícola La Plata (21055020), Zuluaga (21065040), Íquira (21085020), Terpeya Colombia (21085040), Algeciras (21105030), Hacienda Potosí (21105040), Los Rosales (21105050), Hidro Betania (21105060), Aeropuerto Benito Salas (21115020), San José (21115060), El Portal (21115070), Villa Vieja (21115080), Palacio-Vegalarra (21115100), Hacienda Manila-AUT (21115180), Santa María (21125010), Palermo (21125020), La Julia (21135050), San Alfonso (21145040), Santa Ana (21145080)
La Guajira	Termo Guajira -AUT (15035020), Aeropuerto Almirante Padilla (15065180), La Mina Cerrejón-AUT (15065501), Aeropuerto Puerto Bolívar-AUT (15075501), Escuela Agrícola Carraipía-AUT (15085030), Rancho Grande (15085040), Urumita (28015070)
Magdalena	La Ye (15015020), Aeropuerto Simón Bolívar (15015050), San Lorenzo (15015060), Alto de Mira (15015110), Los Álamos - AUT (25025002), Aeropuerto Las Flores (25025090), El Seis (25025300), Media Luna - AUT (29065000), Padelma (29065020), Prado Sevilla (29065030)

Capítulo 2. Proceso metodológico

Departamento	Estaciones climáticas
Meta	La Macarena (32035010), Lejanías (32065010), Vista Hermosa (32075030), Mesetas (32075050), La Cooperativa (32075060), Puerto Lleras (32075080), Carimagua-AUT (33035010), Barbascal (35015050), La Libertad-AUT (35025110), Aeropuerto Vanguardia (35035020),
Nariño	Monopamba (47015080), El Encano (47015100), Altaquer-AUT (51025080), Granja El Mira-AUT (51025090), Cccp del Pacífico (51035020), Obonuco (52045010), Aeropuerto Antonio Nariño (52045020), San Bernardo (52045030), Taminango (52045040), El Común (52045090), Bombona (52055030), Tanama (52055060), Sindagua (52055090), Funes (52055200), Botana - AUT (52055210), El Paraíso-AUT (52055220), Aeropuerto San Luis-AUT (52055230), Barbacoas (52065020)
Norte de Santander	Aeropuerto Camilo Daza (16015010), Iser Pamplona (16015020), La Esperanza (16015030), Ragonvalia (16015100), Carmen de Tonchalá (16025010), Salazar (16025030), Cintera-Villa Olga (16025040), Sardinata (16035030), Aeropuerto Aguas Claras (16055010), Teorama (16055020), Abrego Centro Administrativo (16055040), La Playa (16055060), Institución Agrícola Convención (16055090), Universidad Francisco de Paula Santander (16055100), Escuela Agrícola Cáchira (23195180), Silos (37015010), Tunebia (37035010)
Putumayo	Villa garzón (44015010), Acueducto Mocoa-AUT (44015060), La Tagua (44115020), Michoacán (47015040), Puerto Umbría (47015070), La Primavera (47015090), Puerto, Ospina (47035020), Puerto Leguizamo (47045010)
Quindío	Aeropuerto El Edén - AUT (26125061)
Risaralda	Aeropuerto Matecaña (26135040), La Bohemia (26135100), San Remo (26135160), La Camelia (26145030), Pueblo Rico (54015010)
Santander	Carare (23125050), Albania (23125060), Cimitarra (23125120), Lاندázuri (23125130), El Carmen (23145020), Aeropuerto Yariguies (23155030), El Centro (23155040), Villa Leiva (23185010), Vivero Suratá-AUT(23195090), Aeropuerto Palonegro (23195502), La Laja (24015250), Chima (24015260), Granja Vélez (24015270), Gámbita (24015280), El Cucharó (24025020), Escuela Agrícola Mogotes (24025040), Charalá (24025050), Capitanejo (24035260), Granja Tinaga (24035270), El Volcán (24035400), Zapatoca (24055030), El Palmar (24055040), Hacienda Las Brisas (24065010), Berlín Automática (37015020)
Sucre	Primates (13095020), Aeropuerto Rafael Barvo (25025080), Universidad de Sucre (25025270), San Benito-AUT (25025380)

Departamento	Estaciones climáticas
Tolima	Jabalcon (21135020), Anchique (21135030), Media Luna(21135040), Hacienda Dolores Madron (21155040), Pst de Monta (21165010), Lozania(21165030), Guamo (21185030), Aeropuerto Santiago Vila(21185040), Valle de San Juan (21185080), Nataima-AUT (21185090), Chicoral (21215080), Cajamarca (21215100), Hacienda Cucuana (21215130), Hato Perales Opia (21245010), Aeropuerto Perales (21245040), Santa Isabel (21245140), El Salto(21255080), Granja Armero (21255090), Santa Isabel(21255110), Villahermosa (21255120), Hacienda García (21255150), Relator (22015020), Granja Demostración (22045010), El Limón (22045020), Mesa de Pole (22055020), Santa Helena (22055030), San Antonio Quinta (22065040), Riomanso (22075030), Aeropuerto Mariquita (23015040), La Esperanza (23025020), Albania (23025040)
Valle del Cauca	Palmira Ica (26075010), Granja Exp Hoeschst (26075100), Tenerife (26095080), El Vinculo-AUT (26095320), Barragán (26105140), San Marcos (26105150), Aeropuerto Farfán (26105160), Mateguadua (26105230), Centro Administrativo La Unión (26115040), Cumarco (26125130), Aeropuerto Buenaventura (53115010)
Vaupés	Mitú (42075010)
Vichada	Cumaribo 2 (33055010), Las Gaviotas (34015010), Aeropuerto Puerto Carreño (38015030)

Fuente: IDEAM

Como las bases de datos de temperatura proporcionadas por el IDEAM contienen información diaria con toma de datos de hasta tres veces por día (7:00 a.m., 1:00 p.m. y 7 p.m.) durante los 365 días del año, la información diaria se agregó en datos mensuales y, posteriormente en datos anuales para la construcción de series de tiempo de temperatura seca mínima, media y máxima para la modelación econométrica. Este ejercicio fue complicado y dispendioso de realizar, dada la gran cantidad de datos disponibles y el número considerable de estaciones climáticas consultadas. En total se procesaron 12,2 millones de datos de temperatura seca. Con esta información se construyeron series de tiempo de temperatura mínima, media y máxima de frecuencia anual en el periodo 1983-2024 (ver tabla

2) para luego, relacionar estas series con las emisiones de gases de efecto invernadero totales y por habitante disponibles para Colombia en la base de datos CEPALSTAT (2025). Cabe aclarar que, aunque la información de temperatura procesada en esta investigación corresponde al periodo 1983-2024, datos que permiten conocer si la temperatura media en el país se aproximó o no con respecto a la meta global de 1,5 °C fijada por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, al final de cuentas, solo se tomó el periodo 1990-2024 con el objetivo de hacer coincidir las series temporales de temperatura atmosférica con las series de emisiones de gases de efecto invernadero.

Para la demostración de la segunda hipótesis de trabajo, se tomaron y examinaron las estadísticas macroeconómicas del Sistema de Cuentas Nacionales de Colombia (base 2015) del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2025), a nivel de valor agregado por rama de actividad económica. Infortunadamente, la información analizada solo corresponde a dos décadas (2005-2023). La información estadística se complementó con los datos disponibles en la Penn World Table 10.01 (GGDC, 2025), base de datos administrada por el Centro de Desarrollo y Crecimiento de la Universidad de Groningen (Países Bajos). En esta investigación, también se consultaron las bases de datos del Banco Mundial (2025) para conocer el comportamiento histórico de las rentas de los recursos energéticos del país, el boletín de prensa 005 de 2024 acerca del parque automotor existente, documento descargado del Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT, 2024) e información ambiental consultada en el sitio web del Ministerio de Medio Ambiente (MINAMBIENTE, 2024).

Tabla 2. Datos de temperatura analizados en Colombia 1983-2024

Departamento	Temp. mínima	Temp. media	Temp. máxima	Total	Departamento	Temp. mínima	Temp. media	Temp. máxima	Total
Amazonas	11.232	13.755	11.232	36.219	Guaviare	31.907	32.453	31.907	96.267
Antioquia	450.196	496.634	457.777	1.404.607	Huila	252.072	288.235	252.163	792.470
Arauca	29.374	33.288	29.374	92.036	La Guajira	75.398	84.745	75.339	235.482
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	20.910	26.119	20.910	67.939	Magdalena	104.846	118.319	104.846	328.011
Atlántico	35.951	41.892	35.951	113.794	Meta	135.520	138.966	148.842	423.328
Bolívar	91.235	103.133	91.235	285.603	Nariño	208.751	227.862	196.617	633.230
Boyacá	336.476	367.950	336.547	1.040.973	Norte de Santander	196.923	219.807	197.233	613.963
Caldas	64.457	70.047	64.456	198.960	Putumayo	80.748	92.177	80.748	253.673
Caquetá	94.402	103.986	93.692	292.080	Quindío	11.054	12.956	11.054	35.064
Casanare	70.483	72.782	68.245	211.510	Risaralda	52.558	56.784	52.558	161.900
Cauca	182.317	207.613	185.843	575.773	Santander	272.979	303.599	272.978	849.556
César	121.809	134.954	121.809	378.572	Sucre	45.227	50.456	45.227	140.910
Chocó	61.089	65.986	61.089	188.164	Tolima	276.932	372.136	272.457	921.525
Córdoba	155.048	180.727	155.294	491.069	Valle del Cauca	116.025	126.829	115.572	358.426
Cundinamarca	258.099	301.952	255.206	815.257	Vaupés	7.531	7.590	7.531	22.652
Guainía	11.060	11.963	11.060	34.083	Vichada	35.617	41.319	35.617	112.553
Total datos analizados					3.898.226				
Porcentaje (%)					31,9				
Total datos analizados					36,1				
Porcentaje (%)					32,0				
Total datos analizados					100,0				

Fuente: elaboración propia con datos de temperatura del IDEAM.

Lo deseable en los estudios de crecimiento económico es contar con información a largo plazo que cubra al menos medio siglo, pero las dificultades técnicas en el sistema de cuentas nacionales colombiano no lo permiten. En otro orden de ideas, las bases de datos de emisiones de carbono, por lo general parte del año 1990 en adelante, de conformidad con la normal climatológica estándar en el cumplimiento de la Directriz número 1203 de 2017 emitida por la Organización Meteorológica Mundial sobre el cálculo de las normales climáticas.

2.3. Métodos de investigación utilizados

Vale decir que, esta investigación no analizar el cambio climático en toda su dimensión global o planetaria. Aunque, ese objetivo podría ser deseable en términos científicos y académicos, una pretensión de este tipo desborda los límites del presente estudio. Ahora bien, la construcción de un modelo climático global exige una investigación a largo plazo, con un equipo humano interdisciplinario y transdisciplinario de alta calificación bien pagado, y una financiación adecuada. En consecuencia, el presente diseño metodológico está pensado para analizar la variabilidad de la temperatura media en Colombia como medida de calentamiento atmosférico que entra en juego con el crecimiento económico y las emisiones de gases contaminantes, por un lado y, por otro, entender hasta qué punto el agotamiento de los recursos naturales no renovables se constituye en un freno al crecimiento económico del país.

Como lo que se quiere es aportar conocimiento acerca de la relación entre economía y cambio climático en Colombia, se consultó el Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Atmosféricas de Colombia,

documento que contiene la estimación de gases de efecto invernadero en el periodo 1990-2021 y de contaminantes criterio y carbono negro en el periodo 2010-2021. Recuérdese que, en el marco de los compromisos adquiridos por el país en la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático y en el Acuerdo de París adoptado por 196 países en la COP21 en París en diciembre de 2015, el propósito generalizado es limitar el calentamiento mundial por debajo de 2°C, preferiblemente fijarlo en menos de 1,5°C en comparación con los niveles preindustriales. A partir de este propósito, se deben sumar las políticas ambientales de todos los países firmantes del acuerdo comprometidos en reducir las emisiones de GEI y carbono negro.

En la demostración de la primera hipótesis de trabajo se especificaron y estimaron nueve modelos econométricos uniecuacionales y bivariados (ver anexo 1). De acuerdo con el test de causalidad de Granger (1980), en los primeros ocho modelos existe relación causal bidireccional entre la variable explicativa (A) y la variable dependiente (B), es decir, A causa B, pero también B causa A. Esto significa que, las emisiones de carbono explican el crecimiento económico, pero a la vez, el crecimiento económico también es explicado por las emisiones de carbono. En cambio, en el noveno modelo, según el mismo test, la relación causal entre las emisiones de carbono y la temperatura media es unidireccional, esto es, las emisiones de carbono determinan las variaciones de la temperatura media (ver anexo 2).

Una vez realizadas las respectivas estimaciones, contrastes y pruebas, los modelos [2], [4] y [8] muestran un valor del estadístico de Durbin-Watson (DW) muy por encima del límite superior admisible de 2,15. Este

resultado advierte sobre la presencia de correlación serial negativa³ en las regresiones entre el crecimiento del PIB real versus las emisiones de CO₂, entre el PIB real per cápita versus las emisiones de carbono por habitante (huella de carbono) y entre el PIB real contra las emisiones de carbono en el sector de procesos industriales. Teniendo en cuenta lo anterior, estos tres modelos fueron descartados del análisis (ver tabla 3).

Tabla 3. Validez econométrica de los modelos utilizados

Modelos	Variable dependiente	Variable explicativa	Durbin-Watson	Validez estadística
Modelo 1	PIB real	Emisiones de CO ₂	1,6991645	Si
Modelo 2	Emisiones de CO ₂	PIB real	2,621355	No
Modelo 3	PIB real per cápita	Emisiones de CO ₂ habit.	1,886017	Si
Modelo 4	Emisiones de CO ₂ habit.	PIB real per cápita	2,502846	No
Modelo 5	PIB real	Emisiones de CO ₂ energía	1,677755	Si
Modelo 6	Emisiones de CO ₂ energía	PIB real	2,121296	Si
Modelo 7	PIB real	Emisiones de CO ₂ procesos industriales	1,819827	Si
Modelo 8	Emisiones de CO ₂ procesos industriales	PIB real	2,393628	No
Modelo 9	Temperatura media	Emisiones de CO ₂	1,771584	Si

3 Es posible que la presencia de correlación serial se deba a errores de especificación, como también a la omisión de variables relevantes o a la no inclusión de variables rezagadas que, por lo general, le imprimen dinámica a los modelos. A los modelos utilizados en esta investigación se les podría agregar otras variables, tales como: la tasa de crecimiento de consumo privado, la tasa de crecimiento poblacional, la tasa de cambio tecnológico y las tasas de crecimiento de los factores productivos, pero rompería la anhelada parsimonia, es decir, lo simple y conciso es mejor que lo complejo y sofisticado. Cabe añadir que, lo que se busca con estos modelos es estimar el efecto marginal de las emisiones de carbono y no los determinantes del crecimiento económico.

Para la demostración de la segunda hipótesis de trabajo, se elaboró un modelo de crecimiento de Solow (1956) ampliado con factores tierra y recursos energéticos (petróleo, carbón y gas natural). Posteriormente, utilizando el sistema de cuentas nacionales de Colombia 2005-2023, se aplicó la ecuación fundamental del crecimiento económico (Solow, 1957; Barro, 1998; Urrutia, 2013) para medir la contribución del capital físico, el capital natural y el trabajo al crecimiento económico colombiano, así como cuantificar el progreso tecnológico mediante el residuo de Solow desarrollado en el capítulo 7. Vale mencionar que, la realización del inventario nacional de emisiones de GEI y carbono negro (IDEAM, 2024) forma parte de los compromisos adquiridos por los países miembros en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). Este tratado internacional facilita la concertación de medidas multilaterales enfocadas a la mitigación del cambio climático y la adaptación a sus efectos.

Así mismo, dentro del inventario las emisiones de gases contaminantes de la atmósfera se toman en cuenta cinco módulos, a saber: procesos industriales y uso de productos (IPPU), silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra (LULUCF), energía, agricultura y residuos, siguiendo las directrices del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de 2006 y la Guía del inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos EMEP/EEA 2019. Finalmente, cabe aclarar que las series temporales de emisiones de contaminantes tomadas de la del sitio web de la CEPAL, solo cubre el periodo 1990-2020 y en algunos casos, hasta el año 2021, por lo tanto, los valores correspondientes al periodo 2021-2024 y años 2030, 2050 y 2100 fueron proyectados utilizando el tiempo como variable independiente por medio de regresiones lineales con buenos ajustes. Solo resta señalar que, en la tabla 4 se discriminan los estadísticos más importantes de las variables incorporadas en los modelos analizados en el sexto capítulo.

Tabla 4. Estadísticos principales de las variables incorporadas en los modelos econométricos

Estadístico	PIB real	PIB real perc	CO ₂ total	CO ₂ hab	CO ₂ energ	CO ₂ procindus	TMED
Mean	3,188112	1,761438	1,403100	0,221005	1,979738	4,798278	0,031027
Median	3,438988	1,936027	1,651576	0,071121	1,886626	4,477249	0,062823
Maximum	10,80120	9,56361	5,529317	9,86842	11,20954	17,03297	0,764462
Minimum	-7,185914	-8,136778	-7,433052	-15,882350	-10,823740	-16,34820	-0,997765
Range	3,615286	1,426833	-1,903735	-6,013929	0,385800	0,684770	-0,233303
Std. Dev.	3,366446	3,354001	2,550127	4,627938	4,798800	6,495064	0,372604
Skewness	-0,931351	-0,756958	-1,261775	-1,15171	-0,700720	-0,663292	-0,385708
Kurtosis	5,053895	4,761932	5,671423	6,568835	4,093623	4,964365	3,626371
Jarque-Bera	10,89153	7,64482	19,131810	25,55996	4,476728	7,959615	1,398848
Probability	0,004315	0,021875	0,000070	0,000003	0,106633	0,018689	0,496871
Sum	108,3958	59,8889	47,707880	7,514159	67,00509	163,1415	1,054918
Sum Sq. Dev.	373,9877	371,2276	214,6039	706,7879	759,9398	1.392,133	4,81504
Observations	34	34	34	34	34	34	34

PIB real: Tasa de crecimiento anual del Producto Interno Bruto real; PIB real perc: Tasa de crecimiento anual del Producto Interno Bruto per cápita real; CO₂ total: Tasa de crecimiento anual de emisiones totales de dióxido de carbono (millones de toneladas equivalentes - mtCO₂e); CO₂ hab: Tasa de crecimiento anual de emisiones totales de dióxido de carbono por habitante (millones de toneladas equivalentes (mtCO₂e); CO₂ energ: Tasa de crecimiento anual de emisiones totales de dióxido de carbono del sector energía (millones de toneladas equivalentes - mtCO₂e); CO₂ procindus: Tasa de crecimiento anual de emisiones totales de dióxido de carbono del sector procesos industriales (millones de toneladas equivalentes - mtCO₂e); TMED: Tasa de variación anual de la temperatura media expresada en grados centígrados (°C).

Fuente: elaboración propia a partir de datos del sistema de cuentas nacionales (DANE), bases de datos de temperatura (IDEAM), bases de datos emisiones de gases contaminantes CEPALSTAT.

Capítulo 3.

Qué decir del crecimiento económico

Terminada la Segunda Guerra Mundial en 1945 y hasta comienzo de la década de los setenta, los países occidentales experimentaron un espectacular crecimiento económico como efecto de las políticas keynesianas que habían demostrado ser efectivas hasta ese momento. El magnífico desempeño de las economías industrializadas durante esas tres décadas recibió el justo calificativo de la «Edad de Oro del Capitalismo», para describir a un periodo caracterizado por un crecimiento económico sostenido en las economías occidentales que dio lugar a la instauración de un Estado de Bienestar (*Welfare State*) en todo su esplendor. Lo ocurrido en este periodo es una clara señal de una perfecta combinación de intereses económicos con intereses sociales y de la presencia de un Estado/Gobierno fuertemente interventor y orientador de la política económica y social.

En la «Edad de oro del capitalismo» o también llamada los «Treinta años gloriosos» (1945-1975), los poseedores del capital no fueron los únicos beneficiados por esa buena racha económica. La clase trabajadora también fue receptora de los beneficios del crecimiento al gozar de mayor estabilidad laboral, salarios más altos, acceso a prestaciones sociales, mayor cobertura en la protección social y mayor afiliación sindical, lo

cual desembocó en la conquista y protección de derechos laborales y en avances sobresalientes en la negociación colectiva entre empresarios y trabajadores. Asimismo, al crecimiento económico continuo durante tres décadas se le atribuyó el milagro del pleno empleo⁴. Heinz (2007) describe la importancia de este periodo en el bienestar material de la clase trabajadora resaltando la calidad del trabajo que, con el advenimiento del paradigma neoclásico dominante en la década de los 70 del siglo XX se transformaría en trabajo precario, inestable, inseguro y desprotegido de la acción estatal. Este autor lo describe, así:

Hasta alrededor de finales de la década de 1970 las relaciones laborales estaban, en general, determinadas por el trabajo asalariado doblemente libre, por unos ingresos que aseguraban la existencia, por unos horarios de trabajo (jornada de ocho horas) fijados contractualmente por convenio y por compensaciones garantizadas contra el desempleo, la enfermedad, la invalidez y la vejez (seguridad social) para la prevención de los riesgos de la existencia individual. La forma reproductiva dominante era la familia nuclear proletaria (p. 109).

El éxito de las políticas keynesianas y el papel protagónico del Estado en la dirección de la economía jugaron un papel protagónico que impulsaron el crecimiento económico y la reducción drástica de la pobreza y la desigualdad. El buen desempeño de la economía mundial y la existencia del Es-

4 Situación deseable del mercado de trabajo donde las personas que tienen tiempo para trabajar, quieren trabajar y buscan trabajar encuentran oportunidades de empleo. El pleno empleo de ningún modo significa que, el desempleo sea igual a cero, o que haya un perfecto equilibrio entre la demanda de trabajo y la oferta de trabajo sin que medie la tasa natural de desempleo.

tado de Bienestar en el mundo industrializado llegarían a su final, tras la combinación no antes documentada de dos fenómenos macroeconómicos particulares: alto desempleo y elevada inflación. Muchos economistas achacan estos males a la propuesta económica de John Maynard Keynes contenida en la Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero publicada en 1936. Más bien, en la búsqueda de responsables se debe examinar el exceso de confianza y la irresponsabilidad de los gobiernos de turno que propiciaron un desbordamiento del gasto público, un crecimiento acelerado de la emisión monetaria, el incremento del endeudamiento público y devaluaciones permanentes del tipo de cambio para favorecer los intereses económicos de ciertos grupos de presión.

Se podría afirmar que, las políticas económicas propuestas por Keynes fueron pensadas como medidas de corto plazo para estabilizar las economías de mercado en el contexto de la Gran Depresión de 1929 cuyos efectos perversos se extendieron hasta 1940 sin que, hasta el momento exista un consenso entre los macroeconomistas acerca de los determinantes de este nefasto acontecimiento. Seguramente, Keynes era consciente de que, una vez que los efectos de la Gran Depresión hubieran cesado, la política económica activa habría retornado a una posición más conservadora y prudente.

3.1. El crecimiento económico en la perspectiva de los economistas

En la literatura sobre macroeconomía y política económica, se resalta que uno de los propósitos de la política económica en todo tiempo y lugar es, mantener un elevado crecimiento económico a la par con una

inflación moderada y un desempleo cercano a su tasa natural⁵. En tal sentido, el bajo crecimiento del producto, la elevada subida de los precios y un alto desempleo son tildados de males macroeconómicos contra los cuales, las autoridades económicas deben combatir sin escatimar esfuerzo alguno. La teoría económica añade, que estos tres grandes objetivos están íntimamente interrelacionados, por lo cual, las políticas monetaria y fiscal deben actuar coordinadamente para que la actividad económica crezca lo suficiente y de manera continua o sostenida, sin sacrificar puestos de trabajo.

La política macroeconómica moderna recomienda que la demanda agregada no debe crecer muy por encima del producto potencial para evitar presiones inflacionistas que erosionan el poder de compra de los consumidores, ni tampoco por debajo para no acrecentar el desempleo. De ahí que, el ejercicio de la política económica se vuelva sumamente complicado y, muchas veces, desesperanzador. Es indiscutible que las elevadas tasas de crecimiento económico sean deseables y bienvenidas para disminuir el desempleo, pero un crecimiento económico elevado, esto es, un PIB efectivo por encima del PIB potencial terminará subiendo la inflación con efectos perniciosos sobre el consumo de los hogares y, por ende, presionará la demanda agregada hacia la baja. Así pues, en economía es frecuente ver que cuando un problema se resuelve otro surge, de ahí que, el filósofo escocés Thomas Carlyle en su ensayo: *El*

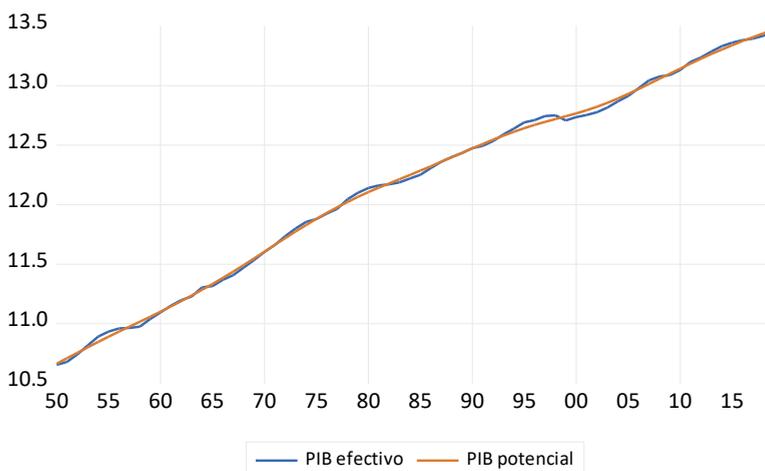
5 Corresponde a una variable no observable que representa la tasa de desempleo de equilibrio a largo plazo; esto es, aquella tasa de desocupación que permite balancear la oferta y la demanda de trabajo. En realidad, la tasa natural de desempleo es una abstracción de la terminología económica. Para tener una idea más precisa, la tasa natural de desempleo en Colombia en el periodo 2005-2023 es de 11,1% calculada como un promedio de la tasa de desempleo potencial. Aunque para la teoría económica una tasa de paro de 11,1% parece ser normal, en la vida real un solo caso de desocupación de dramático, en particular, en hogares donde un solo miembro es el que trabaja.

discurso ocasional sobre la cuestión negra publicado en 1849 acuñara la expresión de «ciencia lúgubre» para referirse a la fragilidad y pesimismo de la economía política.

En la figura 1 se ilustran el PIB efectivo (dato que reporta el sistema de cuentas nacionales) y el PIB potencial como estimación de la capacidad máxima de producción de bienes y servicios que tendría la economía colombiana al usar la totalidad de factores productivos disponibles (tierra, capital físico, trabajo, conocimiento y tecnología). Por medio del filtro de Hodrick-Prescott (HP) es posible calcular la tendencia y las fluctuaciones cíclicas del PIB real. La línea naranja en la figura 1 que representa el PIB potencial señala, de manera aproximada, la senda de crecimiento que debió seguir la economía colombiana entre 1950 y 2019. Se observa que, en algunos años el PIB efectivo (línea azul) creció por encima del PIB potencial (línea naranja). La distancia entre estas dos líneas se conoce como la brecha del producto, la cual puede tomar valores positivos o negativos según el desempeño del crecimiento económico. Así pues, valores positivos representan expansiones de la actividad económica y valores negativos corresponden a contracciones de la actividad económica. Como el crecimiento económico no es ni homogéneo ni estable, las expansiones y contracciones de la actividad productiva son conocidas habitualmente como ciclos de expansión y recesión. Recuérdese que, el sistema capitalista atraviesa crisis económicas caracterizadas por aumentos y disminuciones de la producción que han dado origen a múltiples teorías desde diferentes enfoques epistemológicos, sin que ninguna de ellas, ofrezca una explicación completa y satisfactoria de la actividad económica.

Figura 1.

PIB efectivo y PIB potencial en Colombia 1950-2019



Fuente: elaboración propia con datos de Penn World Table 10.01.

Dicho eso, cuando el PIB efectivo es superior al PIB potencial, es señal de existencia de presiones inflacionistas que amenazan el poder adquisitivo de la moneda, puesto que la demanda agregada crece más de prisa que la oferta agregada. En caso contrario, cuando el PIB efectivo es inferior al PIB potencial, es señal de que la capacidad productiva de la economía (nadie sabe a ciencia cierta cual es la capacidad instalada de la economía) está subutilizada, el problema que surge es el aumento del desempleo. Pero cuando el PIB efectivo es igual al PIB potencial, se entiende que la inflación se ha estabilizado y la economía ha alcanzado el pleno empleo (la tasa de desempleo es igual a la tasa natural de desempleo).

Nótese que la autoridad económica (en el caso colombiano, la Junta Directiva del Banco de la República), cuando el PIB efectivo tiene un crecimiento más dinámico que el PIB potencial, actúa a través de medidas de política económica. Por ejemplo, subiendo la tasa de interés de intervención para

reducir la inversión privada, y consiguiente, ralentizar la demanda agregada. Recuérdese, que la Junta Directiva está investida de mandato constitucional y legal para controlar la inflación como medida para preservar, a cualquier costo el poder adquisitivo del peso colombiano.

Esta es una clara evidencia de que el crecimiento económico en Colombia, al igual que en muchos países que cuentan con bancos centrales autónomos e independientes, está limitado por el buen o mal desempeño de la tasa de inflación. En realidad, no es totalmente cierta aquella frase de cajón que expresa que, el crecimiento económico es ilimitado. Más aún, en la actualidad los bancos centrales para fines de política monetaria calculan la tasa de desempleo no aceleradora de la inflación (NAIRU, por su sigla en inglés). Es por esto que, si la tasa de desempleo cae por debajo de la NAIRU es probable que la inflación suba y viceversa. La NAIRU se corresponde con el PIB potencial, es compatible con una inflación estable y se define como la tasa de desempleo que no genera presiones inflacionistas. Por otro lado, la NAIRU no es una tasa fija, esta cambia en el tiempo de conformidad con la composición de la fuerza de trabajo, lo cual dificulta su cálculo e interpretación.

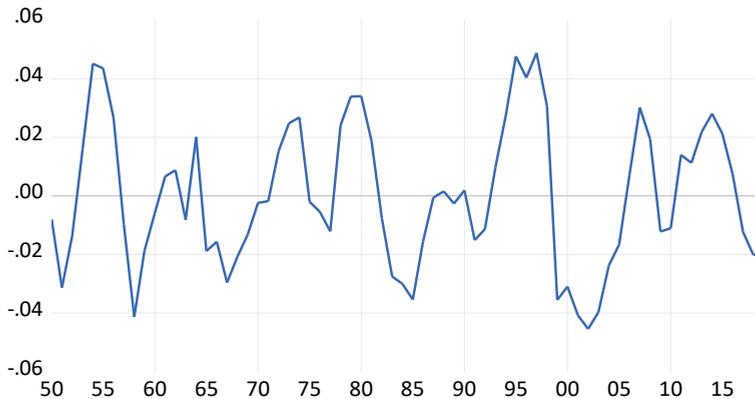
En otro orden de ideas, hay que tomar en cuenta que el crecimiento económico no es homogéneo, este fluctúa trimestre tras trimestre dando origen a los ciclos económicos, es decir, fases de expansión y contracción económica donde la situación de empresarios, consumidores, exportadores, importadores, banqueros, inversionistas y emprendedores pueda pasar de castaño a oscuro. Los ciclos económicos son las crisis recurrentes del capitalismo que pueden provocar que los productores se enriquezcan o terminen en bancarrota. Aunque existen distintas teorías que explican los ciclos económicos, los economistas no se ponen

de acuerdo sobre sus causas y manera como enfrentarlos. En la figura 2 se muestra que la economía colombiana en el periodo 1950-2019 no es ajena a las fases de expansión y contracción económica, donde los ciclos han tenido una duración desigual. En tal sentido, Hidalgo (2024a) afirma que en el periodo 2005:1 - 2022:4 se registraron en la economía colombiana tres ciclos con una duración de 21.7 trimestres en promedio, con una fase expansiva de 14.7 trimestres y una fase contractiva de 7.0 trimestres. En efecto, la fase expansiva de los ciclos en el país fue mucho mayor que la fase contractiva, debido a la efectividad de las políticas económicas implementadas, a la independencia del Banco Central, al fortalecimiento de las instituciones económicas, a la separación de poderes y al mayor acervo de conocimientos acerca de cómo funciona la economía colombiana. Desde luego, los buenos resultados de la política económica no son mágicos, por el contrario, son efecto del aprendizaje continuo, la experticia y sensatez de los técnicos adscritos al Departamento de Modelos Macroeconómicos del banco emisor.

Hasta aquí, el lector curioso se preguntará: *¿el crecimiento económico es bueno o es malo?, ¿Es mejor crecer para mantener una baja desocupación o, es mejor no crecer mucho para conservar una inflación moderada y unos salarios reales estables?* Pero, los efectos de la política económica no van siempre en la dirección deseada. Por ejemplo, en el corto plazo la estabilidad de precios (inflación moderada) conlleva el aumento del desempleo y, en largo plazo, una baja tasa de crecimiento de la renta per cápita inevitablemente desembocará en un aumento de la desocupación.

Figura 2.

Fluctuaciones cíclicas del PIB real en Colombia 1950-2019



Fuente: elaboración propia con datos de Penn World Table 10.01.

Ahora bien, la riqueza de un país está representada en su Producto Interno Bruto (PIB). Del PIB dividido entre la población total surge el PIB per cápita, o si se prefiere llamarlo, PIB por habitante. Este es un indicador más puro utilizado para comparar la producción entre países, y de este modo, evaluar el desempeño económico a largo plazo. Como los bienes y servicios primero se producen y luego se venden, el PIB mide también la renta o el ingreso nacional. Esto significa que si el PIB aumenta, también lo hará el empleo. De este modo, los economistas sostienen que, cuando el PIB aumenta, los habitantes de un país se enriquecerán y si disminuye, la población se empobrecerá. Dicho de otro modo, la prosperidad material o la pobreza de una sociedad dependerá del buen o mal comportamiento del crecimiento económico. Por eso es que, Angus Maddison (2003) subraya que, a partir de 1820 (periodo posindustrial) el PIB per cápita mundial aumentó en mas de ocho veces en comparación con el periodo preindustrial.

Vale decir que, la confianza de los economistas en el PIB es de tal magnitud que, la prosperidad o la desgracia de una sociedad a primera vista están ligadas al crecimiento económico. Si la tasa de crecimiento del PIB per cápita entre un periodo y otro (por ejemplo, un trimestre) aumenta se dirá que la riqueza de un país habrá aumentado. En el caso de la economía colombiana, de acuerdo con la información del sistema de cuentas nacionales del DANE, se afirmará que, la tasa de crecimiento anual del PIB por habitante en el año 2023 con respecto al año 2022 fue de -0,3%. Este valor negativo significa que la actividad económica del país en 2023 decreció en 0,3% con respecto a 2022. Ahora, se tendrá que buscar las respectivas explicaciones para encauzar la política económica por un buen sendero.

Por otra parte, si durante al menos, dos trimestres consecutivos, la tasa de crecimiento del PIB fue negativa se dirá que la economía entró en recesión. Entonces todo el mundo se preocupará y las autoridades económicas alistarán su arsenal de medidas económicas para hacer frente a la crisis creando incentivos o desincentivos para alterar la conducta de los agentes económicos hacia un cierto propósito. El buen desempeño del PIB depende de un sinnúmero de factores, a saber: las expectativas de los agentes económicos que tengan sobre el futuro, las adecuadas medidas de política que adopten las autoridades económicas, la seguridad nacional, la confianza inversionista, la solidez institucional, la geografía económica, las circunstancias favorables en el panorama internacional, la política económica de los socios comerciales, el grado de intervención y regulación gubernamental, y de muchos otros aspectos difíciles de precisar y modelar.

Como hemos dicho antes, las autoridades económicas en el corto plazo se enfrentan a una desagradable disyuntiva. Por un lado, mantener un

crecimiento económico moderado con un mayor desempleo y una baja inflación o, por otro, propiciar un crecimiento acelerado con un bajo desempleo y una alta inflación. De seguro, estas decisiones de política económica ubicadas en extremos opuestos no benefician por igual a la sociedad en conjunto. Una baja inflación beneficia más a los consumidores al proteger sus bolsillos y, un crecimiento acelerado potencia la producción, el empleo y la generación de rentas salariales, que impactan positivamente en el consumo privado. Estas dos posturas son analizadas por la economía por el lado de la demanda cuando se trata de cuestiones a corto plazo (fluctuaciones cíclicas) y, por la economía por el lado de la oferta, cuando las preocupaciones están más en el largo plazo, como el caso del crecimiento económico, del cual depende la prosperidad material de un país.

No cabe duda de que, el crecimiento económico es determinante para los intereses de todo país, en mayor medida para los países de ingreso bajo y medio. Maddison (2003) en su análisis de la economía mundial por medio de estadísticas milenarias, deja entrever que, el PIB por habitante en el periodo 1000-1820 (periodo preindustrial) creció muy lentamente en comparación con lo ocurrido después del año 1820 (periodo industrial y posindustrial). En el primer periodo, la renta per cápita aumentó en aproximadamente un 50%, mientras que la población mundial se cuadruplicó. A partir de 1820, la prosperidad económica fue mucho más dinámica. Este autor concluye que, el PIB por habitante subió en más de ocho veces, mientras que la población mundial aumentó en más de cinco. El solo hecho de que el producto nacional total suba y la población total baje es una señal de aumento de la crecimiento del PIB per cápita como medida genuina de avance en la consecución de prosperidad material. En el caso de la economía colombiana, en el periodo 2005-2023 el PIB

real creció a una tasa anual media de 3,4%, en tanto que la población total creció a una tasa anual media de 1,2%. En este mismo periodo, el PIB real creció 1,9 veces entre tanto la población se incrementó en 1,3 veces.

De hecho, la prosperidad material es más notoria cuando la producción de bienes y servicios crece por encima de la población, haciendo que la producción per cápita y la renta per cápita crezcan más de prisa. Continuando con Maddison (2003), la eficiencia del sistema de producción capitalista impulsada por la revolución industrial explica el mejor desempeño económico mundial en comparación con el sistema feudal que durante ocho siglos aproximadamente, se mantuvo atado a la tierra y al trabajo rural, como principales factores productivos. El simple hecho de que la producción crezca más rápido que la población refuta la vieja tesis de Robert Thomas Malthus llamada la “catástrofe malthusiana” según la cual, el crecimiento de la población en el siglo XVIII superaría la producción de alimentos, llevando a la humanidad a padecer conflictos, hambrunas y enfermedades. Por cierto, en la economía colombiana, la agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca creció entre 2005-2023 creció en 1,5 veces mientras que la población total creció en 1,3 veces. Estos datos pueden ser interpretados como una señal de que, la combinación de políticas apropiadas de crecimiento económico y control demográfico conllevan necesariamente a la prosperidad material, al margen de lo que ocurra en el medio ambiente.

Entrando más en materia, la Constitución Política de 1991 le otorgó a la Junta Directiva del Banco de la República, el mandato constitucional de controlar la inflación a través del establecimiento y cumplimiento de metas de largo plazo que oscilan entre 2% y 4% con una meta promedio de 3%. Desde luego, la naturaleza de un banco central independiente y

autónomo acarrea mucha disciplina en el control de la oferta monetaria y un manejo cuidadoso de la tasa de interés de intervención con sus mecanismos de transmisión. Los críticos de los bancos centrales independientes han denominado a este tipo de respuesta de política económica como *deflación competitiva*, argumentando que las autoridades monetarias centran sus esfuerzos de política en estabilizar los precios como estrategia de mejoramiento de la competitividad y rentabilidad empresarial, pero con efectos dañinos sobre el pleno empleo.

El accionar de los bancos centrales está inspirado en la teoría de la neutralidad monetaria defendida por la Escuela de Chicago, según la cual, a largo plazo la cantidad de dinero en la economía afecta solo a las variables nominales (precios, salarios y tipo de cambio) sin producir alteraciones en las variables reales (PIB real, empleo y consumo). Por esta razón, los bancos centrales en general acuden a la tasa de interés de intervención o también llamada tasa de interés de política para forzar a la inflación a ajustarse a las metas fijadas en el marco del esquema de inflación objetivo que cada banco central haya trazado como parte de su mandato constitucional. Así pues, en Colombia en la década de los noventa del siglo XX se avivó un interesante debate en torno a una posible descoordinación de las políticas monetaria y fiscal que, supuestamente, favorecía a la estabilidad de precios en contra del pleno empleo.

Afortunadamente, la expedición de la Sentencia C-481/99 de la Corte Constitucional, dejó en claro la no existencia en el ordenamiento legal colombiano de rivalidad entre la política monetaria y la política fiscal. Más aún, la Corte insistió en la necesidad inminente de coordinar los instrumentos de la política monetaria con la política económica en general en el desarrollo del contenido social del Estado colombiano. En tal sentido, Hidalgo (2024c) subraya que:

Los modestos resultados en materia de generación y formalización del empleo en el país no son atribuibles a la rivalidad de la política monetaria con la política económica en general; más bien, son un efecto más complejo derivado de la desindustrialización prematura que, junto con el rápido auge del comercio y los servicios y, las asimetrías de la apertura económica acelerada en 1990, minaron la capacidad de la economía colombiana para generar más y mejores puestos de trabajo (p. 4).

3.2. El PIB: Una medida de bienestar imperfecta pero indefectible

El PIB se define como el valor monetario de los bienes y servicios finales producidos en un territorio en un tiempo determinado. En Colombia se calcula el PIB en forma trimestral para hacer análisis de coyuntura económica y definir el rumbo de la política económica, y de manera anual para otros fines. Como la producción nacional y la población de los países suele ser distinta por múltiples razones, el valor monetario de la producción nacional se divide entre la población total, obteniéndose así, el PIB por habitante o PIB per cápita, cuya medida permite examinar la ocurrencia o no de hechos estilizados, comparar el desempeño económico entre países, establecer clasificaciones de países en grupos de renta alta, media y baja para distintos fines de política económica; y finalmente, verificar la ocurrencia o no de los fenómenos de convergencia o divergencia regional.

Desde luego, esta comparación es posible gracias a la aplicación del método de paridad de poder adquisitivo (PPA), cuyo uso facilita el transformar el valor del producto nacional expresado inicialmente en

la moneda local de cada país en unidad monetaria común. Por ejemplo, convertir pesos colombianos en dólares estadounidenses de un año determinado (más adelante, se utilizará la conversión de variables agregadas en dólares estadounidenses del año 2017 de acuerdo con la Penn World Table 10.1). Como lo que interesa es medir y comparar qué tan exitosos son los países en la producción de bienes y servicios y renta por habitante a medida que avanza el tiempo, es de suma utilidad, calcular y analizar tasas de crecimiento interanuales y tasas de crecimiento anuales medias en largos periodos de tiempo (durante décadas), con el propósito de señalar avances o retrocesos de la actividad económica y del nivel de bienestar material en general.

Las tablas 5 y 6 permiten comparar el desempeño económico de Colombia como país de ingreso medio alto con los Estados Unidos como una nación de renta alta en un periodo de tiempo relativamente largo: 1950-2019. La medida de PIB por habitante sugiere que, Estados Unidos creció más de prisa que Colombia (2,05% vs. 3,95%), gracias a una menor tasa de crecimiento poblacional (1,04% vs. 2,10%), a una mayor producción por trabajador ocupado y a una mejora en la combinación de factores productivos medida. La eficiencia económica en la literatura especializada suele llamársele progreso tecnológico, cambio tecnológico, cambio técnico, residuo de Solow, o simplemente, productividad total de los factores (PTF).

Tabla 5. Evolución del PIB en Colombia 1950-2019

Periodo	PIB real total*	PIB real por habit.**	Tasas de crecimiento anuales medias (%)				Consumo real por habitante
			PIB real	Población	PIB real por habitante	PIB real por trabajador	
1950-1960	52.782	3.909	4,31	3,19	1,12	2,25	0,92
1960-1970	82.215	4.442	4,65	2,99	1,66	1,66	1,94
1970-1980	142.732	5.953	5,29	2,24	3,04	3,56	3,04
1980-1990	212.805	7.160	3,41	2,09	1,33	-1,04	0,56
1990-2000	308.270	8.528	3,24	1,83	1,42	-0,28	1,89
2000-2010	405.860	9.564	4,42	1,35	3,07	2,60	2,63
2010-2019	612.026	12.858	3,35	1,19	2,16	0,83	2,54
1950-2019	259.527	7.488	4,05	2,10	1,95	1,13	1,89

*En millones de dólares estadounidenses constantes de 2017. ** En dólares constantes de 2017

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Penn World Table 10.01 de la Universidad de Groningen (Países Bajos). Las cifras de PWT 10.01 están expresadas para todos los países en dólares estadounidenses de 2017.

Tabla 6. Evolución del PIB en Colombia y en Estados Unidos 1950-2019

Periodo	PIB real total*	PIB real por habit **	PIB total USA/PIB total COL	PIB per cápita USA/PIB per cápita COL	Tasas de crecimiento anuales medias (%)		
					PIB real	Población	PIB real por habitante
1950-1960	2.980.175	17.668	56,5	4,5	3,22	1,73	1,48
1960-1970	4.381.662	22.193	53,3	5,0	4,93	1,27	3,66
1970-1980	6.242.392	28.553	43,7	4,8	3,29	0,91	2,39
1980-1990	8.400.641	35.006	39,5	4,9	3,69	0,94	2,75
1990-2000	11.475.625	43.303	37,2	5,1	3,42	1,11	2,31
2000-2010	15.603.054	53.043	38,4	5,5	2,14	0,92	1,22
2010-2019	18.540.097	57.978	30,3	4,5	2,30	0,70	1,60
1950-2019	9.660.521	36.821	37,2	4,9	3,10	1,04	2,05

*En millones de dólares estadounidenses constantes de 2017. ** En dólares constantes de 2017

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Penn World Table 10.01 de la Universidad de Groningen (Países Bajos). Las cifras de PWT 10.01 están expresadas para todos los países en dólares estadounidenses de 2017.

Como el PIB es un indicador de riqueza material, es válido afirmar que un habitante estadounidense en el periodo 1950-2019 produjo 4,9 veces más que un habitante colombiano, por tanto, un estadounidense promedio es cinco veces más productivo y, a la vez, más rico que un colombiano promedio. Dicho de otro modo, un estadounidense produjo anualmente 36.821 dólares, en tanto que un colombiano solo produjo 7.488 dólares, esto es, una quinta parte. Pero como se trata de mantener cierto optimismo al observar las cifras, también se podría interpretar en términos del PIB real total argumentando que, Colombia en 2019 fue 16,4 veces más rica que en 1950 y 3,8 veces más rica en 2019 con respecto a 1950, si se prefiere hacerlo en términos del PIB per cápita. De manera general, estas cifras permiten concluir que, tanto Estados Unidos como Colombia en el año 2019 son países más ricos que hace siete décadas (año 1950), por tanto, en la actualidad sus habitantes gozan de mayor prosperidad económica que hace 69 años. Dicho en palabras de Sala i Martín (2016): hoy las personas tanto en Estados Unidos como en Colombia, gracias al crecimiento económico disponen de una mayor oferta de bienes y servicios para satisfacer sus crecientes necesidades, desde las más básicas y comunes hasta más elitistas, sofisticadas e inusuales.

Recuérdese que, existe un debate interesante en torno a las necesidades humanas. Por ejemplo, el paradigma neoclásico dominante considera que estas son infinitas, históricas y cambiantes, lo cual abre a los empresarios un abanico de inmensas posibilidades para la innovación, la conquista y expansión de mercados. Mientras que el desarrollo a escala humana de Max-Neef (1994), ofrece una concepción opuesta de las necesidades humanas al considerarlas finitas, ahistóricas y no cambiantes. Este paradigma heterodoxo hace una distinción entre necesidades y satisfactores; por ejemplo, una necesidad como el entretenimiento pue-

de tener distintos satisfactores: un televisor o quizás un videojuego. En esencia, si la teoría económica se rige por el primer enfoque que justifica el incesante consumo de un *homo economicus* cada vez más insaciable y de un productor al que se le exige ser más creativo e innovador, la producción de bienes y servicios tendrá que ser mayor. De este modo, el elevado consumismo acarrea un desafío aún más grave para el planeta: cómo lidiar con la contaminación si el volumen de basuras es creciente y si el porcentaje de reutilización de los residuos es bajo, costoso y, en muchas circunstancias, es inviable o antieconómico.

También es frecuente toparse con afirmaciones como las de Sorensen & Whita-Jacobsen (2008), quienes señalan que la teoría del crecimiento económico resuelve interrogantes, tales como: *¿Cómo puede escapar un país de la pobreza y llegar a ser rico? O más concretamente, ¿cómo pueden los países iniciar un proceso de crecimiento que los lleve a un nivel más alto de PIB y de consumo por habitante?* De acuerdo con la teoría económica convencional: la pobreza, la riqueza y el bienestar material, este último expresado en un mayor volumen de consumo per cápita son pues, objetivos esenciales del crecimiento económico. Transformando esta expresión en datos, la situación económica colombiana expresada en el PIB real por habitante, PIB real por trabajador y consumo real por habitante que exhiben tasas anuales medias de crecimiento de 1,95%, 1,13% y 1,89%, respectivamente; estas cifras indican que hoy los colombianos estamos mejor que hace setenta años.

En términos de producción real, esta afirmación puede ser cierta, pero en cuestiones de distribución funcional de la renta es posible que no haya cambios sustanciales. Por ejemplo, la pobreza y la desigualdad económica no han desaparecido; por el contrario, estos fenómenos

están más arraigados en las economías de mercado fundamentadas en la eficiencia. En materia ambiental, se sabe que la naturaleza ha sido afectada por el crecimiento económico que requiere de la extracción y uso de energía a partir de combustibles fósiles. También es notorio el aumento en la cantidad de desechos por el consumo irresponsable de bienes durables y semidurables que en Colombia constituyen el 28,5% de la totalidad de los bienes consumidos. A esto se suma, la pérdida de biodiversidad, la deforestación, la minería ilegal controlada por grupos alzados en armas, la alteración abrupta de los ecosistemas, entre otros.

En suma, las cifras de crecimiento económico disponibles en las tablas 5 y 6 muestran que, los colombianos hemos sido bendecidos con un progreso económico inminente. Un colombiano debería sentirse más orgulloso porque hoy es mucho más rico que hace 69 años. Pero este resultado que surge de un promedio agregado no parece reflejar un estado de satisfacción plena de la gente pobre que está excluida del consumo de bienes económicos de primera necesidad, de las personas que cotidianamente padecen hambre y de los excluidos de cualquier naturaleza que se ubican en el extremo inferior de la escala del PIB. En esta medida de bienestar material, tampoco se visibiliza el deterioro ecológico, el agotamiento de los recursos naturales no renovables, el daño ambiental irreversible y la contaminación por desechos derivados de la actividad económica. En realidad, el PIB no es una auténtica medida de bienestar material porque deja por fuera cuestiones fundamentales para la vida humana como se comentó en un apartado anterior.

Por lo anterior, la información de las tablas 4 y 5 deben ser examinadas con cautela, puesto que la mayor producción y renta no necesariamente significan mayor bienestar material para todos, así la teoría económica

convencional equipare el consumo privado con el bienestar económico: *a mayor consumo de bienes y servicios mayor bienestar material y viceversa*. En realidad, la producción per cápita y el consumo per cápita son cifras agregadas que no permiten ver la distribución funcional o personal. Sabemos de antemano que, no todos los individuos pueden consumir los mismos bienes por sus diferenciales de renta o ingreso. Es más, las personas desempleadas e inactivas que también forman parte de la población total no cuentan con un ingreso monetario permanente que respalde su consumo.

Por lo general, para los economistas descuidar el crecimiento puede tener efectos desastrosos en el bienestar y en el desarrollo. A diario estos estudiosos de la economía también se preguntan cuánto tiempo se requiere para que un país pueda duplicar su PIB. En tal sentido, se popularizó la aplicación de la regla del 70 para conocer cuántos años tomaría duplicar la renta nacional si se mantiene la tasa de crecimiento actual tomando en cuenta que, sí un país crece a una tasa $x\%$, elevar al doble sus ingresos tomaría $70/x$ años. Por ejemplo, en el periodo 1950-2019 la economía colombiana creció en términos reales a una tasa anual media de 4,05%. Duplicar la renta nacional podría tomar casi dos décadas, más precisamente 17,3 años ($70/4,05 = 17,3$); siempre y cuando la tasa de crecimiento anual media no se reduzca, situación poco probable en un sistema económico inestable y propenso a sufrir crisis económicas.

Ahora, recordemos que las tablas 5 y 6 ilustran en cifras un tanto frías: el crecimiento económico de Colombia en comparación con Estados Unidos, considerado su principal socio comercial. Teniendo en cuenta que el crecimiento económico es a largo plazo, los datos sugieren que el desempeño histórico de Colombia entre 1950-2019 fue mucho mejor que

el de los Estados Unidos. Así pues, Colombia presenta una tasa anual media de crecimiento de 4,05% mientras que la tasa de crecimiento de los Estados Unidos fue de 3,10%. Si lo que se pretende es examinar la actividad económica de manera más realista, la teoría económica aconsejaría centrarse en el desempeño del PIB real per cápita en lugar del PIB real total. En este análisis más puro del crecimiento, se añade el hecho de considerar las diferencias en las tasas de crecimiento poblacional de cada uno de los países en cuestión. Las cifras tomadas indican que el control demográfico ha sido más efectivo en Estados Unidos que en Colombia. Entonces una producción de bienes y servicios más grande a merced de la aplicación de ciertas políticas económicas más efectivas y una población más pequeña como resultado de la mejora de las políticas de control demográfico, significa que un habitante tanto de Colombia como de Estados Unidos podría acceder a una porción de torta mucho más grande que, sin duda, lo haría sentirse más feliz en el sentido de que la felicidad humana es un asunto material.

Baste ilustrarlo con el siguiente ejemplo: Estados Unidos en este mismo periodo supera a Colombia con una tasa anual media de crecimiento del PIB per cápita de 2,05% versus 1,95%, respectivamente. Hasta aquí, la reflexión no se centra en los eventuales atributos del PIB como indicador de bienestar material, sino con la interpretación objetiva del PIB real total y el PIB real por habitante. Se trata de hacer ver que, trabajadores más sanos, educados y productivos son vitales para que el producto y la renta nacional puedan crecer más de prisa. En ese sentido, la teoría dominante afirma que, el crecimiento económico es capaz de hacer que las generaciones futuras sean mucho más ricas que sus antepasados; siempre y cuando, la tasa de crecimiento de la producción total sea superior a la tasa de crecimiento de la población total sin adentrarse en cuestiones de equi-

dad intergeneracional. Esto solo significa que: *una torta más grande para un menor número de invitados es más conveniente en términos económicos.*

En esta maraña de interrelaciones económicas es obvio preguntarse: ¿Hasta qué punto una economía debe crecer manteniendo una inflación moderada y pleno empleo⁶? Aunque los objetivos de la política económica no revisten mayor discusión entre los economistas y los políticos por considerarse la inflación moderada y el pleno empleo como propósitos deseables para la colectividad nacional, la preocupación y crítica emergen en la siguiente dirección: ¿Puede un país gozar de un crecimiento económico sostenido, y a la vez, de una inflación moderada y un pleno empleo en el largo plazo? Pese a que las miradas epistemológicas son diversas y encontradas, estos objetivos se contraponen entre sí, haciendo que la política económica se complique y se convierta más, en una suerte de azar que, en una ciencia que ilumine el camino.

De hecho, tener una inflación moderada exige algunos sacrificios en términos de crecimiento económico y de empleo, o mantener un crecimiento acelerado con efectos positivos en el empleo se puede lograr gracias a una inflación más alta. Lo cierto es que, la Carta Política de 1991 le otorgó a la Junta Directiva del Banco de la República, el mandato constitucional de preservar el poder adquisitivo de la moneda colombiana cueste lo que cueste. Pese a las críticas, la Junta Directiva ha ejercido adecuadamente sus funciones, siendo Colombia un ejemplo en la región de manejo monetario transparente y de alta capacidad técnica.

6 Es una abstracción económica que supone que el mercado de trabajo funciona adecuadamente para garantizar que las personas que pueden trabajar, quieren trabajar y buscan trabajar, encuentren empleo. En ningún caso, el pleno empleo significa cero desempleados.

3.3. Crecimiento económico, pobreza y desigualdad

Cuando se habla de crecimiento económico surge la inevitable pregunta: ¿Y para quién es el crecimiento económico? De antemano, el PIB real total medido a través del método de ingreso señala que, este se distribuye entre tres grandes agentes económicos según su contribución a la producción, así: una parte va a la clase trabajadora a través de la remuneración de los asalariados, otra parte la reciben los empresarios por medio del excedente de explotación bruto e ingreso mixto bruto, y una fracción más pequeña pero no menos importante, le corresponde al Estado/Gobierno por concepto de impuestos menos subvenciones sobre la producción y las importaciones.

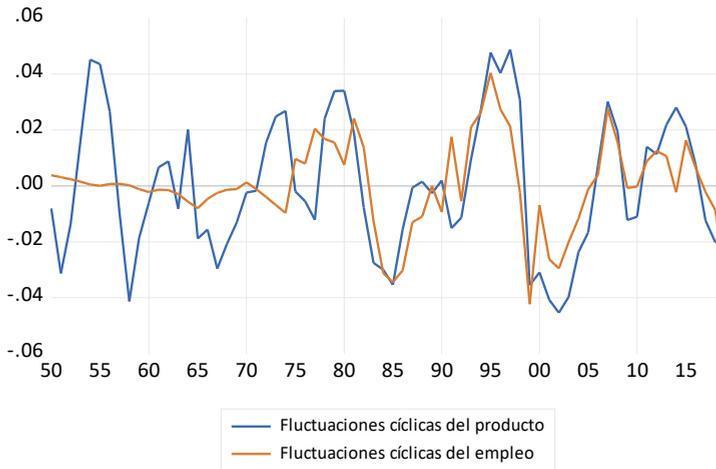
Otro motivo de preocupación entre los economistas, en particular los marxistas radicales es que, el PIB es el resultado de la explotación laboral ejercida por los dueños del capital. De acuerdo con la interpretación marxista acerca de la teoría del valor-trabajo, el PIB es en esencia, el producto material del trabajo humano; por tanto, la remuneración de los asalariados debería corresponder al ciento por ciento de la renta nacional, es decir, todo para los trabajadores y nada para los capitalistas. Eso significa que, ni la propiedad privada de los medios de producción ni tampoco el riesgo sobre la inversión que asume el capitalista serían compensados debidamente en el proceso productivo según su contribución marginal; por consiguiente, el capital y el capitalista no lograrían sobrevivir en tales condiciones. En estas circunstancias, el capitalismo se declararía como un modo de producción inviable, no por cuestiones ecológicas sino por la abolición de la ganancia.

Como se trata de no caer en utopías, de manera abstracta diremos que la producción nacional después de ser vendida a los hogares se transforma en renta o ingreso nacional, la cual se distribuye entre los empresarios como dueños del capital, los trabajadores como poseedores de la fuerza de trabajo y el gobierno como director del sistema económico. Vale decir que, apelando al sistema de cuentas nacionales de cada país, la distribución de la renta nacional es más o menos constante en el tiempo, lo cual podría interpretarse como una señal en contra de la teoría de la explotación capitalista. En la economía colombiana en el periodo 2005-2023, la remuneración de los asalariados corresponde al 33% en promedio, el excedente de explotación bruto e ingreso mixto bruto es de 55% en promedio y los impuestos menos subvenciones sobre la producción y las importaciones es de 12% en promedio.

También se suele dudar de que, el crecimiento económico tiene efectos positivos sobre la pobreza y la desigualdad económica. En boca de personas profanas podría albergarse el temor infundado de que el crecimiento económico produce pobreza monetaria y exacerba la desigualdad en lugar de reducirlas, debido a la creencia marxista en la explotación capitalista. Ahora bien, el crecimiento económico es la fuerza motora del empleo y de la creación de oportunidades laborales en cualquier economía de mercado independientemente de que sea pequeña o grande, cerrada o abierta. En la figura 3 se relacionan las fluctuaciones cíclicas del PIB y del empleo en la economía colombiana en el periodo 1950-2019. A partir de la década de los ochenta del siglo XX en adelante se puede observar que, el empleo está más atado al crecimiento económico, pese a la persistencia de algunas rigideces en el mercado laboral que, no fueron resueltas por las reformas laborales y tributarias implementadas a principios de los noventa tras la aceleración de la apertura económica.

Figura 3.

Fluctuaciones cíclicas del PIB y del empleo en la economía colombiana 1950-2019



Fuente: elaboración propia con datos de Penn World Table 10.01

Lo anterior se puede reforzar mediante la aplicación de la ley de Okun, la cual describe la existencia de una regularidad empírica entre el PIB y el desempleo, esto es, la existencia de una relación inversa entre estas dos variables, así: a mayor crecimiento económico menor desempleo, y al revés. En tal sentido, Okun (1962) afirma que:

Desaprovechar por completo un año de producto potencial puede influir en el Producto Nacional Bruto (PNB) potencial futuro, en la medida en que bajas tasas de utilización y, en consecuencia, bajos beneficios y rentas personales sean las causantes de una baja inversión en instalaciones, equipo, investigación, vivienda y educación, el crecimiento del producto potencial sería retardado (p. 2).

Hidalgo (2024b) aplica la Ley de Okun a la economía colombiana en el periodo 1980-2022 mediante la ecuación (1) expresada en primeras diferencias, así:

$$\hat{U}_t = 13,29 - 3,4*Y_t \quad (1)$$

$$(3,3917)^7 (0,7602)$$

$$R^2 = 33,12\%; \bar{R}^2 = 31,45\%; DW = 1,922404$$

β_1 = Coeficiente de Okun calculado a partir: $\beta_1 = 3,4$ por tanto, $1/\beta_1 = 1/3,4 = 0,3$

La ecuación (1) se interpreta así: por cada punto porcentual de crecimiento del PIB total, la variación en el desempleo es de -0,3 puntos porcentuales, es decir, el incremento en un punto porcentual de la tasa de desempleo reduce en 3,4 puntos porcentuales el producto nacional. O, mejor dicho, para que el desempleo en la economía colombiana disminuya en 1,0% se requiere que el producto nacional crezca en 3,4%. Aunque, Arthur Okun nunca formuló una ley como tal, lo que en realidad pretendió este economista, fue establecer una relación empírica entre dos magnitudes macroeconómicas típicas: PIB y desempleo. De hecho, Arthur Okun mostró una sentida preocupación por el desaprovechamiento de la mano de obra desocupada en los Estados Unidos. Con la publicación de su artículo en 1962, quiso atraer la atención de los políticos, los burócratas y los hacedores de política económica para atacar de frente el paro. En el caso colombiano según el DANE, en enero de 2025 la tasa de desempleo fue de 11,6%, un crecimiento de un punto porcentual en el PIB, significaría que 260 mil personas desocupadas puedan incorporarse al mercado de trabajo. Además, habría que considerar que

7 Los valores entre paréntesis debajo de la constante y el coeficiente de la ecuación corresponden a los errores estándar.

probablemente, de las rentas laborales de los nuevos ocupados dependen otras personas. Dicho eso, el crecimiento económico no es algo trivial.

Ahora, pasemos a examinar la asociación entre crecimiento económico, pobreza y desigualdad. Aunque no existe una relación de causalidad entre la pobreza monetaria y el crecimiento económico, y entre la desigualdad medida a través del índice de Gini y el crecimiento económico, es posible determinar un grado de asociación entre estas variables por medio de los conceptos de elasticidad de la pobreza con respecto al crecimiento y elasticidad de la desigualdad con respecto al crecimiento económico. A pesar de la complejidad de las relaciones entre estos tres conceptos, entre los economistas existe consenso de que el crecimiento económico contribuye a reducir la pobreza, y que los avances en la reducción de la pobreza tienen un efecto positivo en la disminución de la desigualdad.

El Banco Mundial señala que no es posible reducir la pobreza y la desigualdad manteniendo un ritmo de crecimiento económico lento. Efectivamente, el cambio climático es un enorme obstáculo para disminuir la pobreza en zonas rurales atrasadas, donde los medios de subsistencia de los pobres están expuestos a las variaciones del clima. Así pues, la agricultura y las actividades pecuarias en África y América Latina han perdido productividad y, por ende, capacidad para crear empleos. El Banco Mundial insiste en que el empleo es la forma más segura de combatir la pobreza y la desigualdad en el mundo, dada la relación existente entre empleo y crecimiento económico. Aunque este argumento es válido, cabe mencionar que, el empleo tendría impactos más evidentes sobre la pobreza y la desigualdad económica, sí y solo sí, la calidad de empleo mejora de forma notoria. Infortunadamente, el panorama del empleo global y del empleo en Colombia muestran cifras preocupantes

de precarización del trabajo con pocas posibilidades de mejora (Hidalgo, 2024b). Por cierto, el empleo se desenvuelve en un sistema económico globalizado que aboga por la flexibilización de precios y salarios como condición *sine qua non* para la expansión de los mercados, sin ser la calidad del trabajo una prioridad para el sistema capitalista.

Ahora bien, la elasticidad de la pobreza monetaria con respecto al crecimiento económico mide cuánto se reduce la pobreza por cada punto porcentual adicional de crecimiento económico. Cárdenas (2013) apoyado en estudios del Banco Mundial, afirma que la elasticidad de la pobreza se ubica entre -5% para países con baja desigualdad y -0,5% para países con alta desigualdad económica. Colombia es uno de los países más desiguales de América Latina con un índice de Gini de 0,546 en 2023. Los valores mencionados por Cárdenas (2013) muestran que, el crecimiento económico es más eficaz en la lucha contra la pobreza en los países con menor desigualdad de ingresos, siendo la desigualdad económica la principal barrera para combatir la pobreza.

En ese mismo sentido, Rodrik (2000, 2013) sostiene que el crecimiento económico y la reducción de la pobreza caminan juntas. Para él, el desafío más grande que enfrentan los *policy makers* es, diseñar políticas o instrumentos de intervención que promuevan a la vez, crecimiento económico y reducción de la pobreza. La pregunta que persiste aquí es que, qué tan posible es adoptar este tipo de medidas centradas en la pobreza. Lo cierto es que no es nada fácil debido al *trade-off* existente entre eficiencia y equidad, aunque el ingenio humano es realmente infinito.

Cárdenas (2013) añade que, en Colombia la elasticidad de la pobreza con respecto al crecimiento económico en 2004 se encuentra en el intervalo entre: - 0,5% y -1,0%, siendo muy inferior en comparación con

el resto de países del mundo. Al aplicar este mismo cálculo en el país en el periodo 2008-2023, la elasticidad de la pobreza con respecto al crecimiento económico es de $-0,05\%$. Esto significa que, por cada punto porcentual de crecimiento económico, la pobreza monetaria en Colombia se reduce en tan solo $0,05\%$, sin mostrar mejoría en la distribución de la renta. Obsérvese que, el índice de Gini promedio en Colombia en el periodo señalado es de $0,529$ (valor más próximo a uno que a cero). Esta es una clara señal de inequidad y de lo poco efectivas que han sido las políticas públicas en lo corrido del presente siglo.

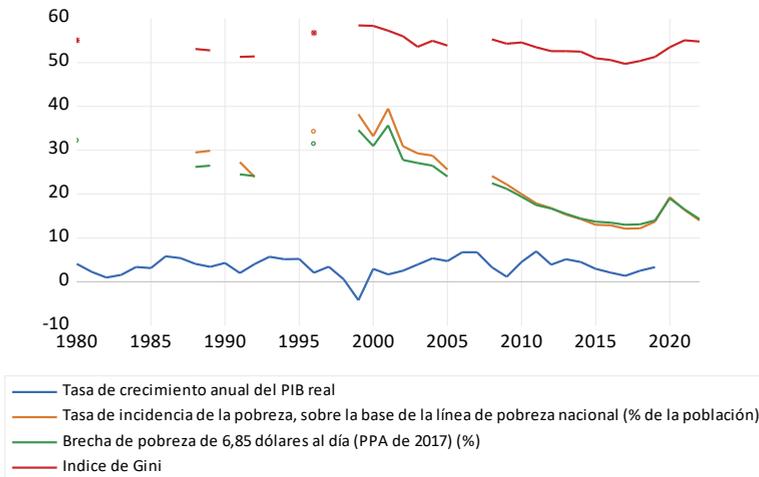
En la figura 4 se grafican cuatro magnitudes que ilustran el comportamiento del crecimiento económico, la pobreza monetaria medida como tasa y brecha de pobreza de $6,85$ dólares estadounidenses al día y el índice de Gini. Aunque no existe una relación de causalidad entre la tasa de crecimiento del PIB y la tasa de crecimiento de la pobreza monetaria, ni tampoco una asociación directa entre el PIB y la desigualdad económica, en la figura 4 se muestra que la tasa de pobreza ha disminuido, salvo en el periodo de pandemia por la COVID 19. Con respecto al comportamiento del índice de Gini también puede verse una ligera declinación de la desigualdad, pero luego esta se desvaneció por efecto de la pandemia.

Gasparini (2022) afirma que, “identificar las razones de la desigualdad en la distribución del ingreso en una sociedad es una tarea cíclopea, imposible de concretar con algún grado de precisión” (p. 58). Si esto es así, entonces el bienestar económico de un individuo es el resultado de una multiplicidad de factores difíciles de listar, y más aún, de cuantificar. En la desigualdad económica intervienen aspectos, tales como: el nivel educativo alcanzado, el nivel de salud, la capacidad cognitiva, la apariencia personal, el talento, la capacidad para soportar y vencer las adversidades,

los contactos personales y familiares, la suerte de vivir en un país con una economía estable y generadora de oportunidades, la capacidad de liderazgo personal, la disciplina y el orden, la calidad del trabajo que se ejecuta, la capacidad para trabajar, la actitud personal, la herencia de activos tangibles, el linaje, la disposición de la persona de ejercer o no en actividades ilícitas o corruptas, la pertenencia o no a partidos políticos, etc.

Figura 4.

Tasas de crecimiento del producto nacional real, pobreza monetaria y desigualdad en Colombia 1980-2022.



Fuente: elaboración propia con datos del Banco Mundial.

Como se ve, la lista de factores explicativos no se agota aquí, ni tampoco es necesario ahondar en una profundización sin límites. Lo cierto es que, el elemento de enlace entre el crecimiento y la desigualdad económica es el ingreso personal o familiar, el cual surge por lo general de la venta de la fuerza de trabajo. Además, es prudente entender que el crecimiento económico es insuficiente para superar la desigualdad económica y

romper la trampa de pobreza. Para ello, se requiere de la ocurrencia de otros fenómenos; por ejemplo, el mejoramiento de la calidad del trabajo, la disminución de la informalidad empresarial y laboral, y la intervención gubernamental a través de políticas públicas bien diseñadas y adecuadamente implementadas con el propósito de evitar que el otorgamiento de subsidios y la ayuda pública recurrente no sumerjan a los pobres en una condición de dependencia estatal permanente.

3.4. Crecimiento económico y medio natural

La Constitución Política de Colombia de 1991, en su artículo 2, establece entre los fines del Estado: “promover la prosperidad general”. Este mandato, sin lugar a duda, hace alusión al crecimiento económico como medio de bienestar material. La Carta Magna sienta las bases jurídicas e institucionales para articular el crecimiento económico con:

La protección del medio ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales, al establecer la obligación del Estado y de las personas de proteger las riquezas culturales y naturales de la nación, así como planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, a fin de garantizar el desarrollo sostenible, previniendo y controlando factores de deterioro ambiental. Es función esencial del Ministerio del Medio Ambiente, la gestión y conservación de los recursos naturales de manera coordinada con la comunidad, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado (MINAMBIENTE, 2024).

En el desarrollo de sus funciones, el Ministerio del Medio Ambiente diseñó e implementado la Política de Producción Más Limpia en 1997 y la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible en 2010 para

acoplar los patrones de producción y consumo nacional y territorial con los principios de sostenibilidad ambiental sin afectar negativamente la competitividad empresarial. Así pues, en el sistema legal colombiano se revela una relación estrecha entre naturaleza y economía, que pretende regular el sistema productivo en armonía con los compromisos adquiridos por el país en el marco de los foros y cumbres internacionales sobre asuntos y compromisos ambientales.

Colombia es el segundo país más biodiverso en el mundo. De acuerdo con MINAMBIENTE (2024), Colombia cuenta más de 50.000 especies registradas y cerca de 31 millones de hectáreas protegidas. Ocupa el primer lugar en existencia de aves y orquídeas y alberga una riqueza invaluable de plantas, anfibios, mariposas y peces de agua dulce. Ostenta, la tercera posición en palmas y reptiles, y el cuarto lugar en mamíferos. A finales de octubre de 2024 en la ciudad de Cali, Colombia, se llevó a cabo la Conferencia de las Partes – COP 16, cuyo lema fue: “Paz con la Naturaleza”, encuentro que sirvió para repensar un modelo económico alternativo no centrado en la extracción, sobreexplotación y contaminación ambiental, sino en la conservación de la biodiversidad (MINAMBIENTE, 2024). Aunque este tipo de foros son valiosos para alentar las discusiones entre naturaleza y economía, al final los discursos no se concretan en acciones, y menos en inversiones multilaterales.

Colombia también comparte los problemas ambientales que se viven en otras latitudes. Según el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT, 2024), el parque automotor en 2024 cerró con 19.861.831 vehículos, de los cuales el 62% corresponde a motocicletas, 37% a vehículos y 1% a maquinaria, remolques y semirremolques. Para colmo de males, tan solo el 0,7% de los carros que transitan en el país son eléctricos, cifra que no

aporta mucho a la disminución de partículas de dióxido de carbono. El 5,9% del parque automotor corresponde a vehículos de carga (305.333 camiones, 57.064 volquetas y 66.808 tractocamiones) que consumen diésel subsidiado; en consecuencia, el transporte de carga contamina más barato con la complicidad gubernamental. El gobierno nacional intentó desmontar gradualmente los subsidios al ACPM, argumentando la insostenibilidad fiscal del país (el gobierno jamás se amparó en cuestiones ambientales), el paro camionero ocurrido en septiembre de 2024 congeló toda iniciativa.

Ahora bien, el consumo de combustibles líquidos derivados del petróleo en el país continúa en ascenso, pese al desmonte progresivo del subsidio a la gasolina cargo del Fondo de Estabilización de Precios de los Combustibles; a excepción, de los territorios declarados como zonas de frontera, los cuales gozan de beneficios económicos y tributarios especiales. La CEPAL (2015) señala que, el consumo de gasolina se caracteriza por una alta elasticidad-ingreso y una baja elasticidad-precio, lo cual conduce a las personas a migrar del transporte público al transporte privado a medida que aumenta la renta personal o familiar por efecto de la ley de Engel.

A lo anterior se suma, la mala calidad del transporte público que obliga a las personas a elegir otros medios de movilidad interna más eficientes, pero a la vez, más contaminantes. Se destaca el aumento en la compra y matrícula de motocicletas en el país. Esta cifra va en ascenso debido a la disminución notable de los precios derivada de una competencia internacional feroz entre los fabricantes y las facilidades en forma de pago que, hacen que comprar una motocicleta sea relativamente fácil. Efectivamente, en el año 2024 se registraron 12,3 millones de motocicletas en el país, lo que hace pensar que este tipo de vehículo se ha convertido en

el vehículo preferido por las personas no solo para divertirse, sino para desplazarse a todo tipo de destinos, para trabajar en mensajería y acarreo de objetos, ejercer ilegalmente el mototaxismo y llevar a los niños y jóvenes al colegio. En fin, las motocicletas son usadas para movilizarse de manera más rápida, pero no de forma segura.

De acuerdo con la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, en el país se producen 32.580 toneladas/día de residuos sólidos. El DANE reporta que la tasa de reciclaje y nueva utilización de los residuos sólidos es tan solo de 11,8%, y se espera alcanzar en 2030 la meta de 17,9%. En la deforestación de bosques se vislumbran hechos bastante preocupantes. Siguiendo a MINAMBIENTE, en el primer trimestre de 2024 se deforestaron 109.000 hectáreas de bosque natural en la Amazonía colombiana, es decir, un 40% más en comparación con el mismo trimestre de 2023. Esta situación se torna difícil de resolver por el control de grupos armados ilegales en zonas de manejo especial: parques nacionales naturales, territorios colectivos y zonas de reserva forestal (MINAMBIENTE, 2024). A esto se suma, el incremento de los cultivos de uso ilícito y el ejercicio de la minería ilegal en zonas bajo el control y protección de grupos guerrilleros y bandas criminales. Según la Oficina de Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC) y el Ministerio de Justicia y del Derecho, el área sembrada con hoja de coca en Colombia en 2023 fue de 253.000 hectáreas, con un aumento de 10% en comparación con el año anterior.

En lo que respecta a emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, el grupo de expertos sobre cambio climático en el país, ha identificado cuatro fuentes, así: a) energía, b) procesos industriales y uso de productos, c) agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra y d) residuos. Las

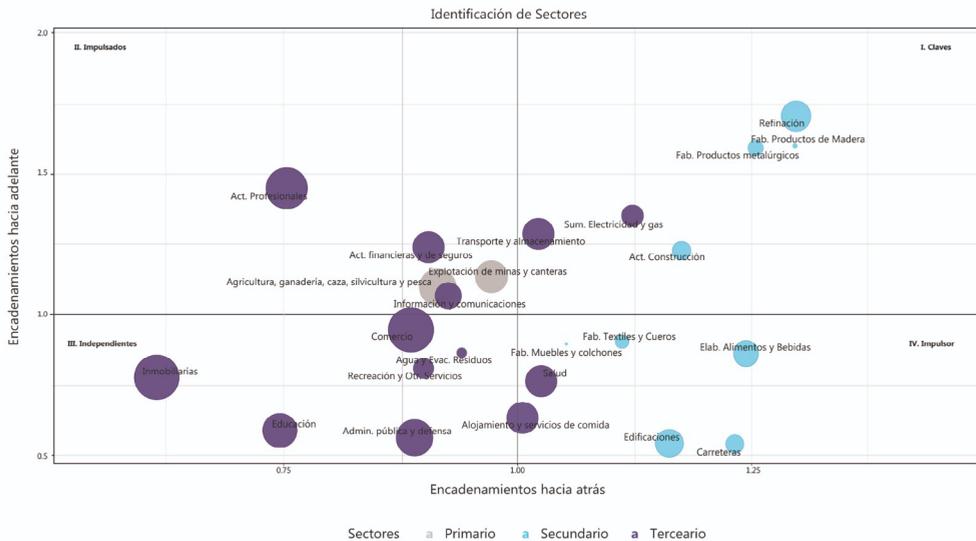
emisiones estimadas en los cuatro grupos están relacionadas con ocho sectores de la actividad económica, tales como: minas y energía, industrias manufactureras, transporte, residencial, comercial, agropecuario, forestal y saneamiento (IDEAM, 2024). Colombia espera reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 51% en el año 2030 y alcanzar la carbono-neutralidad en el año 2050. Aunque estas metas son loables, la predicción realizada por esta investigación sugiere que el año 2030 las emisiones de carbono habrán aumentado en un 6,9% y la carbono-neutralidad programada en el año 2050 tampoco se habrá cumplido. De acuerdo con el inventario de gases atmosféricos contaminantes, Colombia en el año 2021 solo registra una capacidad de absorción de GEI de 7,5%. El lograr que la capacidad de absorción avance hasta el 100% en el año 2050 es prácticamente imposible, o si se prefiere, es muy difícil cumplimiento debido a la tasa de deforestación de los bosques naturales.

En las siguientes cifras se recoge la importancia de las ramas de actividad en el país, que si bien son importantes en la estructura económica, las emisiones promedio de dióxido de carbono producidas por estos sectores, a saber: agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca con el 12,8% del valor agregado nacional, con una tasa de crecimiento anual media de 2,3%; explotación de minas y canteras con 5,8% y una tasa de crecimiento anual media de 1,8%; industrias manufactureras con 14,4% y una tasa de crecimiento anual media de 2,0% y el transporte con 5,5% y una tasa de crecimiento anual media de 3,1%. Se añade que, el transporte en Colombia es una rama de actividad económica muy contaminante con una emisión del 13.9% del dióxido de carbono, pero a la vez, es un sector clave en la economía colombiana dada su capacidad de encadenamiento productivo y de generación de empleo.

De acuerdo con el índice Rasmussen-Hirschman, el tamaño de cada círculo en la figura 5, representa la importancia de cada actividad económica en el PIB de Colombia y cada color representa los sectores agregados de la economía, a saber: primario, secundario y terciario. Los sectores clave de la economía muestran fuertes encadenamientos hacia adelante y hacia atrás, dado su rol de demandantes y proveedores de insumos intermedios para el conjunto de la economía. Dicho eso, los sectores clave de la economía colombiana corresponden a las industrias manufactureras y el transporte y almacenamiento, que representan el 20.3% del valor agregado sectorial y el 31.4% de la producción nacional total.

Figura 5.

Clasificación sectorial de la economía colombiana, año 2017



Fuente: DANE (2021).

Capítulo 4.

Entre lo ecológico y lo ambiental

4.1. El crecimiento económico y la crisis ambiental desde distintas miradas

La economía desde la perspectiva del paradigma neoclásico dominante es considerada como un sistema cerrado, independiente y con vida y dinámica propias. El esquema tradicional del flujo circular del ingreso describe el sistema económico como un espacio descentralizado conformado por empresas especializadas en la producción de bienes y servicios, hogares o unidades domésticas dedicadas al consumo de bienes y servicios, el Estado/Gobierno quien dirige el sistema económico y extrae renta de las empresas y de los hogares por medio de los impuestos, para luego redistribuir parte de estos recursos entre distintos actores de conformidad a su posición ideológica del desarrollo, los bancos encargados de canalizar el ahorro del público para ponerlo luego a disposición de la inversión y, los exportadores e importados que tienen contacto permanente con el resto del mundo, dedicados a vender y comprar mercancías en el comercio internacional. Nótese que los hogares de acuerdo a sus preferencias tienen a su disposición, una canasta de bienes nacionales y extranjeros que

aumentan sus posibilidades de consumo y, a la vez, las empresas tienen acceso a mayores oportunidades para producir y vender.

En la dinámica del flujo circular de la renta se configuran dos mercados, así: el mercado de factores de producción conformado por tierra, capital físico, fuerza de trabajo, tecnología y conocimiento, y el mercado de los bienes y servicios. Los hogares o unidades domésticas son propietarias de los factores productivos y como tales, cobran a las empresas una retribución monetaria por su uso. Por ejemplo, por los servicios del trabajo se cobra salarios, por el uso del capital se cobra una tasa de interés y por el uso de la tierra y los recursos naturales se cobra una renta. La venta de los factores productivos de los hogares a las empresas genera un flujo monetario que permite adquirir los bienes y servicios producidos por las empresas y vendidos a las unidades domésticas, dando lugar a la existencia de un flujo físico o real. La interacción del flujo físico y el flujo monetario configuran la existencia de los mercados donde se desarrolla a diario, un sinnúmero de intercambios mercantiles con el propósito de asegurar que los empresarios obtengan ganancias de su actividad económica, y los hogares logren satisfacción de los bienes y servicios consumidos, es decir, que todos los agentes económicos ganen.

Hasta aquí todo parece funcionar de acuerdo a una lógica preestablecida: que los empresarios/productores puedan ganar dinero por los bienes y servicios que producen y prestan, y por el riesgo de inversión que asumen, y que los hogares/consumidores puedan alcanzar la felicidad material derivada del consumo. Esta lógica solo es posible gracias al funcionamiento de un sistema de precios flexibles y al uso del dinero como aceite lubricante de esa poderosa máquina llamada economía de libre mercado. Ahora, el verdadero problema del sistema económico surge

cuando el consumo se transforma en consumismo y la producción desborda el límite impuesto por la escasez de recursos. La principal fuerza motivadora para impulsar el consumismo es para los economistas ecológicos, el afán de ganancia o codicia disfrazada de un noble interés propio, y el medio para hacerlo es, pues, el marketing como principal estrategia que hace que toda la producción, o al menos una gran parte de ella, pueda ser consumida.

El flujo circular de la renta describe el funcionamiento de las economías de mercado, independientemente de su tamaño y nivel de profundización de las ideas libertarias. Nótese que, en el flujo descrito no aparece la naturaleza o biosfera, salvo, cuando se menciona a la tierra y los recursos naturales como factor de producción. Esta concepción arrogante de la independencia de la economía con respecto a la naturaleza surge de la fe ciega de los economistas ortodoxos en la sustituibilidad de factores. Como lo ejemplifican Sorensen & Whita-Jacobsen (2008), existe una confianza tal en el desarrollo tecnológico que, es posible creer que cuando las existencias de cobre en el mundo se agoten por completo, los cables eléctricos serán reemplazados perfectamente por otro tipo de soluciones fabricadas con materiales naturales o artificiales más abundantes, sin tener que prescindir del valor de uso y del valor de cambio de los cables como elementos de conducción de energía. Lo importante aquí es que, la necesidad humana se preserve o mute hacia estados más sofisticados, sin importar el medio para satisfacerla. Pues ese asunto en un futuro será atendido por la ciencia y la tecnología.

Esta aseveración permite concluir que, según el paradigma neoclásico la economía es un sistema que funciona de manera independiente de la biosfera, la cual resuelve los problemas ambientales a través del clásico siste-

ma de precios. Por ejemplo, la contaminación que producen las empresas es resuelta vía impuestos que encarecen los precios de las mercancías y disminuyen la demanda, siendo la disminución de ventas el castigo que recibirán los empresarios por una conducta irresponsable con el medio ambiente. Siguiendo a Nordhaus (2013), el cambio climático puede ser resuelto mediante la adopción de impuestos sobre el carbono para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, e incentivar en los productores el desarrollo y adopción de tecnologías limpias, o en el peor de los casos, sistemas de producción menos contaminantes. Aunque lo dicho aquí suena bien, el sinsabor de la codicia presente en el comportamiento maximizador de los productores no se desvanece. Los empresarios a toda costa tratan de individualizar las ganancias y socializar las pérdidas con la complicidad de autoridades públicas corruptas y miopes.

En contraposición a la economía ambiental y al concepto de desarrollo sostenible, surge a principios de los años setenta la bioeconomía preocupada por la crisis ecológica y el futuro de los recursos naturales no renovables que, según el informe de Meadows et al. (1972) estarían al borde de desaparecer por el uso incontrolado en particular, en las naciones industrializadas. En oposición a la corriente dominante, la economía ecológica ve el sistema económico como un subsistema dentro de un gran sistema llamado biosfera. De este modo, “el planeta Tierra es un sistema abierto a la entrada de energía solar, pero básicamente cerrado respecto a la entrada de materiales” (Martínez Alier & Roca, 2013, p. 17). Así pues, el subsistema económico requiere de la entrada de energía y materiales produciendo dos tipos de residuos: el calor disipado o energía degradada (gases de efecto invernadero) y los residuos materiales (desechos o residuos), que pueden ser reutilizados por medio del reciclaje o por acción de la naturaleza. Tomando el ejemplo expuesto

por Martínez-Alier & Roca (2013), el estiércol ante la presencia de microorganismos se convierte en nutrientes para las plantas o el dióxido de carbono emitido por la respiración de los animales es absorbido por las plantas y transformado por estas en materia orgánica

Lo cierto es que, no todos los residuos que la acción humana produce son susceptibles de reutilización debido a los exagerados costos en que la sociedad incurriría para lograrlo. Ciertamente, el desarrollo tecnológico es clave para dar soluciones inteligentes al tratamiento de los desechos. Por ejemplo, en el caso de las bolsas de plástico de uso generalizado, hoy se fabrican con materiales biodegradables amigables con el medio ambiente. En el caso colombiano, la promulgación de Ley 2232 de 2022 que entró en vigor el 7 de julio de 2024 conocida como la ley de plásticos de un solo uso, es una buena medida (no la solución definitiva) para reducir la producción y uso de bolsas plásticas, alentar el reciclaje y promover la economía circular. Esta ley pretende eliminar veintiún (21) plásticos de un solo uso hasta el año 2030. Solo basta esperar a que esta meta se convierta en realidad.

Como se mencionó arriba, la concepción ecológica considera que la economía es un sistema reproductivo abierto donde entra energía y materiales. Antes de la revolución industrial, la fuente de energía era eminentemente la luz solar aprovechada por las plantas en el proceso de fotosíntesis. Con el advenimiento de la primera revolución industrial iniciada en 1760 y concluida en 1840, el carbón desplazó a las fuentes de energía naturales. Luego a finales del siglo XIX el petróleo y el gas se sumarían a la lista de energéticos, cuya quema es responsable de los gases de efecto invernadero que calientan la tierra. La energía extraída de la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) según la prime-

ra ley de la termodinámica, tiene la particular de conservarse, es decir, una vez ocurre la quema de este tipo de recursos naturales, la energía no se destruye, sino que se transforma en calor disipado. Por acción de la segunda ley de la termodinámica, el calor disipado es incapaz de proporcionar energía de movimiento, esto es, es imposible aprovechar el calor disipado con fines productivos, generándose así un desorden en el medio ambiente llamado entropía.

La Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio de Estados Unidos (NASA por su sigla en inglés) señala que, el efecto invernadero es esencial para garantizar la vida en la Tierra. Más del cincuenta por ciento de la energía solar que llega a la atmósfera viaja a través del aire y las nubes hacia la superficie, siendo absorbida e irradiada en forma de calor infrarrojo. Se calcula que el 90% del calor natural es absorbido por los gases de efecto invernadero e irradiado nuevamente a la atmósfera, ralentizando la pérdida de calor hacia el espacio (NASA, 2024). En pocas palabras, la presencia de gases de efecto invernadero impide que el calor pueda llegar al espacio sobrecalentando la Tierra.

Para nuestro infortunio, no toda la energía proviene de los rayos luminosos del sol. Desde la revolución industrial hasta hoy, se ha vuelto viral la quema de combustibles fósiles para operar las fábricas, mover las centrales eléctricas, calentar las viviendas en invierno, operar los medios de transporte, etc. Como se describió arriba, la quema de carbón, petróleo y gas necesarios para mover la economía, genera calor disipado. Como este tipo de calor es imposible de destruirse y de reutilizarse, en su viaje desde la Tierra hacia el espacio es atrapado por la atmósfera, cuyo efecto irreversible es el calentamiento global. Este tipo de fenómeno es causado por la acción premeditada de los seres humanos al desarrollar

actividades económicas que requieren de fuentes de energía que producen calor disipado. Por ejemplo, cuando utilizamos un automóvil de combustión interna para movilizarnos hacia nuestro lugar de trabajo o a un sitio de esparcimiento, cuando cocinamos con gas propano, cuando consumimos los cientos o miles de productos derivados del petróleo, cuando consumimos carne de res, cuando los campesinos fertilizan la tierra con abonos industriales, solo para citar algunos casos.

Como el calentamiento global es difícil de entender desde el punto de vista científico, diremos en términos simples que, los gases de efecto invernadero impiden la salida de calor desde la atmósfera hacia el espacio, haciendo que la Tierra se caliente más de lo normal. Entre este tipo de gases están: el dióxido de carbono (CO_2) que se libera en la atmósfera a través de las erupciones volcánicas, la quema de petróleo, carbón y gas natural y la deforestación. Se estima que las actividades humanas han aumentado la cantidad de dióxido de carbono en más de un cincuenta por ciento desde los inicios de la revolución industrial. El metano presente entre un 70% y 90% en el gas natural, el óxido nitroso producido por las prácticas agrícolas y los clorofluorocarbonos de origen industrial presentes en los refrigeradores o neveras, solventes y propulsores de latas de aerosol, cuya producción, afortunadamente, va en descenso desde 2018 como consecuencia de la aplicación de la legislación internacional prohibitiva.

En conclusión, las miradas de los problemas ambientales desde los enfoques económicos neoclásico y ecológico son diametralmente opuestas. Los economistas ambientales analizan la economía como un circuito cerrado conformado por productores y consumidores racionales que se desenvuelven en mercados libres y eficientes, y que toman decisiones guiadas por un sistema de precios y por restricciones de costos y presu-

puestos. Los productores aspiran a maximizar las ganancias y los consumidores a maximizar su satisfacción individual. En este paradigma, los recursos naturales son solo un factor productivo susceptible de ser sustituido por otro por acción de la tecnología. En cambio, la economía ecológica analiza el sistema económico como un sistema abierto a la entrada de energía y materiales, y cerrado a la salida de residuos solo en parte reciclables. La economía ecológica considera que existe un gran sistema llamado sistema natural o biosfera, dentro del cual habita el sistema social, y dentro de este, el sistema económico como algo más pequeño. En otras palabras, el sistema natural es el que impone límites al sistema social, y el sistema social al sistema económico; por tanto, la economía no puede estar a la par con el sistema natural.

De acuerdo con Martínez & Roca (2013), la economía ecológica es mucho más compleja de entender y aplicar que la economía ambiental, la cual se encarga de estudiar:

El metabolismo social y, por tanto, contabiliza los flujos de energía y los ciclos de materiales en la economía humana, analiza las discrepancias entre el tiempo económico y el tiempo biogeoquímico, y estudia también la evolución de las especies (y de las variedades agrícolas) con los seres humanos (p. 21).

Dicho eso, la economía debe ser entendida como metabolismo social, esto es, como un sistema abierto que recibe energía y materiales y, expulsa residuos como los gases contaminantes atmosféricos y otras formas de contaminación (Martínez Alíer, 2021). Solo resta decir que, el crecimiento económico encuentra todas las posibilidades de expansión y realización en el marco del paradigma de la economía ambiental, donde no se cues-

tionan las restricciones naturales que impone la biosfera. De otro lado, en las economías avanzadas tampoco los recursos naturales se constituyen en un freno al crecimiento económico, debido a que el crecimiento poblacional se encuentra controlado y el progreso tecnológico es notable, a diferencia de los países en desarrollo donde ocurre lo contrario.

Finalmente, los decrecentistas invocan la aplicación del estado estacionario (*steady state economics*) propuesto por Herman Daly en 1977 según el cual, el crecimiento económico no puede continuar sin perder su base ecológica y su justificación moral. El crecimiento económico para Daly (2000), está determinado por la capacidad natural de la biosfera, no por la acumulación de capital como lo afirma Solow (1956, 2018). De manera que, su concepción de estado estacionario riñe con la visión de pleno empleo de John M. Keynes que propone expandir la demanda efectiva (consumo privado) y con la catalaxia del libre mercado de Friedrich Hayek que busca desarrollar al máximo la iniciativa privada, pero con la mínima intromisión del Estado.

De hecho, para Vettese (2000) la economía de estado estacionario es una construcción ambigua que poco aporta a los ecologistas defensores del crecimiento económico cero. Para este autor, conservar la biodiversidad y transitar a un sistema de energía no emisora de carbono exige una disponibilidad de tierras inalcanzable. Por ejemplo, los proyectos de energía solar y eólica, aparte de ser posibles solo en países con alta radiación solar y fuertes vientos, chocan con densidades energéticas extremadamente bajas, es decir, la disponibilidad de suelo es insuficiente para albergar la infraestructura que demanda este tipo de iniciativas. Para Vettese (2000) los sistemas de energía renovables mejorarán con el paso del tiempo, aunque estos nunca alcanzarán las mismas densidades

energéticas que los combustibles fósiles. Lo que juega aquí, es la escasez de tierra, no la escasez de recursos naturales. Por esto, la solución al cambio climático según él, es reducir el consumo de energía.

Daly (2000) aboga por el decrecimiento como antítesis al crecimiento convencional, al que suele llamar «crecimiento antieconómico». De acuerdo con su postura ideológica, “el aumento de la producción no es posible a expensas de recursos y bienestar que tienen un valor superior al de los elementos producidos” (p. 26). O, mejor dicho, el crecimiento no puede considerarse como algo positivo, si el aumento de la producción de bienes y servicios se hace a costa del deterioro ambiental y del malestar social. Ahora, la concreción de la economía de estado estacionario según Daly & Cobb (1997) solo es posible, si se cumplen tres hechos básicos, tales como: 1) se establecen cuotas de agotamiento para limitar el uso de los recursos naturales no renovables, 2) se pone en marcha un plan de redistribución de la renta para limitar la desigualdad económica (renta básica universal) y, 3) se pone fin a la reproducción humana fijando una meta máxima de un hijo por progenitor. Nótese que, estas tres condiciones no son nada fáciles de operativizar y cumplir. Por ejemplo, la renta mínima universal permanente es inviable desde el punto de vista fiscal. El déficit fiscal de Colombia de 6,8% del PIB en 2024 pese a los esfuerzos institucionales y los límites de gasto que impone la regla fiscal, no se ha logrado reducir. En el país se ha vuelto viral la aprobación de reformas tributarias que asfixian el aparato productivo. Entonces, la propuesta de Daly & Cobb (1997) cae más en el terreno de la utopía que en el campo de las realizaciones.

4.2. De la *oikonomía* a la *crematística*: Del consumo al consumismo

Si nos remontamos a la época de los filósofos políticos griegos, en particular al pensamiento aristotélico se podría reconocer la existencia de una «*oikonomía*», es decir, una economía centrada en la administración de los recursos del hogar y en la producción de valores de uso atados a la buena vida. Para los pensadores clásicos griegos, el concepto de hogar era mucho más amplio que la unidad familiar propia de la tradición judeocristiana. Según Daly & Cobb (1997), la *oikonomía* incluía la comunidad, la tierra, los valores compartidos, los recursos naturales, la biomasa, las instituciones, el lenguaje y la historia. La *oikonomía* era, pues, una economía colectiva fundada en la cooperación y la solidaridad, no viciada por el individualismo y la rivalidad acunados en el sistema capitalista.

El advenimiento del capitalismo como sistema dominante sustituyó de tajo a la «*oikonomía*» por la «*crematística*», esta última arraigada en el uso del dinero y en la prevalencia de un sistema de precios como señal de escasez y de asignación óptima de los factores productivos. La *crematística* está centrada en la manipulación de la propiedad, la riqueza y la maximización de beneficios a corto plazo para los poseedores de capital. En ese sentido, Daly & Cobb (1997) sostienen que, el individualismo como principio rector de la *crematística* desplazó al comunitarismo y la codicia personificada en el interés propio, convirtiéndose ésta en la fuerza conductora de la prosperidad material.

Ahora bien, la *crematística* se consolidó como la fuerza del mercado capaz de asignar de manera eficiente los recursos escasos con fines competitivos entre sí. De hecho, el paso del feudalismo al capitalismo según

Polanyi (2017) significó la mutación de la naturaleza en factor tierra, la vida en trabajo y el patrimonio en capital, éste último adhiriéndose a la producción. Así, la tierra y el trabajo adquirieron el estatus de bienes intercambiables con un precio fijado ahora por la interacción entre la oferta y la demanda. A su vez, el capital que se desprendió inicialmente de la herencia social se transformó en un ingreso no proveniente del trabajo libre de hombres y mujeres, sino de la contribución del capital al producto como medida compensadora de la asunción del riesgo por parte del capitalista. En oposición al argumento de Karl Polanyi, el paradigma neoclásico dominante considera que la renta nacional es el resultado de la combinación de trabajo y capital, cuyo valor se fija de acuerdo a la contribución de cada factor al producto. En este orden de ideas, el trabajo recibe un salario que compensa el esfuerzo humano tanto físico como intelectual, y el capital por su parte, se hace merecedor a una tasa de interés por concepto de alquiler.

Por lo anterior, la crematística reclama para sí un mayor crecimiento económico como fuente de supervivencia del capital. De este modo, el *homo economicus* es una pieza clave para este propósito. Daly & Cobb (1997) señalan que, el *homo economicus* como una abstracción del marginalismo conduce a la falacia de la concreción injustificada por su clara inserción en la teoría del valor de cambio, en razón a dos supuestos básicos: 1) se supone que las necesidades de los individuos son infinitas e insaciables, y 2) que los individuos a medida que consumen más unidades del bien o servicio, la utilidad (o satisfacción) que les reporta el consumo de una unidad adicional del mismo bien o servicio, es mucho menor que la unidad consumida inmediatamente anterior. Así pues, el consumidor experimenta una utilidad marginal decreciente que limita su consumo y que le invita a adquirir otro tipo de bienes o servicios para

alcanzar la satisfacción plena. De hecho, la teoría del bienestar enfatiza que, «a mayor consumo, mayor bienestar económico», sin reflexionar acerca de los problemas ambientales derivados del consumismo.

Los supuestos descritos hasta ahora apuntan a sostener que, el consumo de bienes y servicios es la fuente directa de bienestar material. La tradición neoclásica añade que, las necesidades son infinitas y cambiantes a través del tiempo, argumento que amplía el campo de interacción de los productores, comerciantes y emprendedores, quienes pueden sacar mayor provecho de la inmensidad de posibilidades que brindan la innovación incremental y la creatividad empresarial, es decir, la existencia de mercados hipotéticos capaces de absorber toda la producción, pero un medio ambiente incapaz de deshacerse de la contaminación que deja la producción.

En oposición a esta visión absolutamente economicista, Max-Neef (1994) muestra que las necesidades humanas son finitas, que siempre han sido y serán las mismas en todo tiempo y lugar, e incluso; que no dependen de la cultura de los pueblos. En esta visión heterodoxa y reflexiva, se analizan las necesidades humanas fundamentales en articulación orgánica con la naturaleza, dando valor a las personas y no a los objetos. En síntesis, las necesidades materiales humanas son pocas, son constantes y fáciles de satisfacer. Tampoco el *homo economicus* requiere de un desbordado consumismo para sentirse satisfecho y feliz.

Si las necesidades son finitas, pocas, clasificables y universales, los satisfactores según Max-Neef (1994) son los bienes económicos y no económicos que permiten satisfacer dichas necesidades. Los satisfactores son cambiantes a través del tiempo y se ajustan a la cultura de los pueblos y a sus tradiciones. Si bien los satisfactores superan en número a las

necesidades, estos no deberían ser ilimitados para que el consumidor no caiga en la trampa del consumismo. Por ejemplo, no es sensato que la necesidad de entretenimiento sea satisfecha con varios televisores ubicados en distintos espacios de una sola vivienda: sala, comedor, cocina, alcobas, etc.; a sabiendas de que un solo artefacto es suficiente para entretener a toda la familia. Además, un televisor es un bien durable que consume energía eléctrica y que al cabo de su vida útil, o quizá antes, se convertirá en un desecho poco o nada reutilizable. Esta situación se asemeja a los plásticos que se utilizan como envoltorios de los objetos que los hogares consumen a diario. Estos tardan unos pocos minutos en producirse, algunas horas en reciclarse y siglos en descomponerse.

Una de las variables macroeconómicas más fáciles de precedir es, sin duda, el consumo de los hogares⁸. A medida que el consumo privado sube, la demanda agregada también aumenta, Vale decir que, solo basta que el consumo se incremente para que el PIB pueda crecer y al revés. De otra parte, si el PIB real crece, el consumo también lo hará como efecto del incremento de la renta nacional y viceversa. Tomando los agregados macroeconómicos en Colombia en el periodo 2005-2023 del DANE, el consumo privado representa el 69,6% del PIB real y el 76,7% del ingreso disponible real. De otra parte, el consumo privado en el país en el periodo señalado, creció de manera más dinámica a una tasa anual media de 3,9%, mientras que el PIB real, el ingreso disponible real y la población total crecieron en 3,4%, 3,3% y 1,2%, respectivamente. Por último, la propensión marginal a consumir⁹ (PMC) en el periodo antes mencionado

8 El coeficiente de correlación entre el consumo privado y la renta nacional en el Colombia en el periodo 2005-2023 es de 0,71.

9 La PMC mide la variación en el gasto en consumo privado ante una variación entre el ingreso disponible.

fue de \$ 0,82, es decir, por cada peso de la renta nacional, se consumen 82 centavos quedando poco margen para el ahorro nacional. La alta PMC es explicada en cierta medida, por la precariedad del trabajo y la baja remuneración salarial de la clase que vive del trabajo. De ahí que, la informalidad laboral en Colombia en el trimestre móvil noviembre de 2024 y enero de 2025 según el DANE, fue de 56% sin síntomas de reducción.

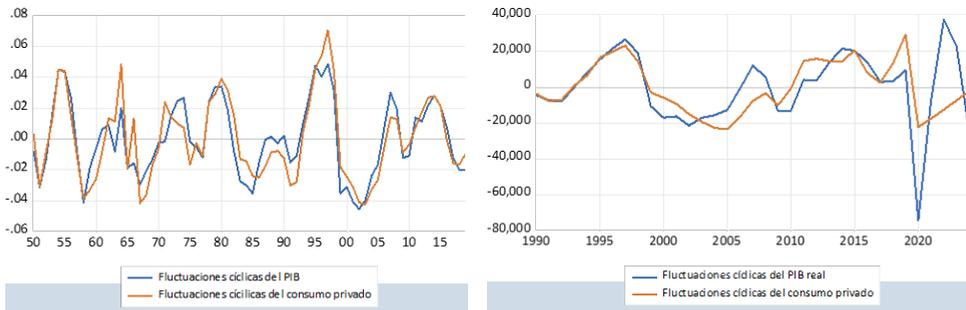
Obsérvese la figura 6 que relaciona tanto las fluctuaciones cíclicas del PIB, así como también el ciclo del consumo privado y las emisiones de carbono en Colombia en los periodos 1950-2019 y 1990-2024. En los paneles a) y b) las líneas azul y naranja casi se superponen, puesto que gran parte de la renta de los hogares colombianos se gasta en consumo de bienes y servicios. Incluso, en la ocurrencia de la pandemia por la COVID-19 en el año 2020, el consumo se situó por encima del producto nacional por efecto del programa coyuntural de ingreso solidario que el gobierno nacional implementó para proteger a las familias más vulnerables (ver figura 6b).

En esa misma dirección, en la figura 6(c) muestra las tasas de crecimiento anuales de las emisiones de carbono y el consumo privado. Aunque, la correlación entre estas dos variables es de 53,2%, los datos analizados no permiten afirmar que, exista una relación causal entre el consumo privado y las emisiones de gases contaminantes. En suma, el consumo privado en el país representa dos terceras partes de la demanda agregada, lo cual resalta su importancia en la producción y renta nacional. Es por eso que, la política económica fija sus esperanzas en el impulso del consumo privado y las empresas acuden al marketing para incentivar el consumo privado. Por ejemplo, el programa de transferencias monetarias condicionadas denominado “Familias en Acción” implementado en Colombia en 2001 con 2,65

millones de beneficiarios directos, aparte del propósito relacionado con la acumulación de capital humano, busca incrementar el consumo en las familias colombianas pobres y pobres extremas mediante la asignación un valor monetario mensual. Este tipo de programas sociales buscan aumentar el consumo a través del otorgamiento de ayudas públicas en dinero.

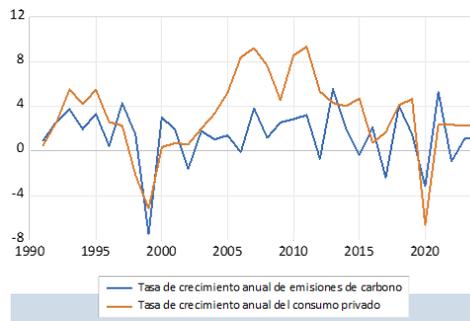
Figura 6.

Comportamiento histórico del PIB real, consumo privado y emisiones de carbono en Colombia 1950-2019 y 1990-2024.



Panel a. Fluctuaciones cíclicas del PIB real y del consumo privado en Colombia 1950-2019

Panel b. Fluctuaciones cíclicas del PIB real y del consumo privado en Colombia 1990-2024



Panel c. Tasas de crecimiento anuales de emisiones de carbono y consumo privado en Colombia 1990-2024

Fuente: elaboración propia con datos de Penn World Table 10.01.

El aumento del consumo privado es de tal trascendencia que, las autoridades económicas ponen en marcha un conjunto de estrategias para dinamizarlo, tales como: el día sin IVA, la reducción de impuestos regresivos, la disminución de la tasa de interés de las tarjetas de crédito, el incremento del salario mínimo por encima de la inflación y de la productividad, la estabilidad laboral, la reducción de la informalidad laboral, el combate a la pobreza y la desigualdad económica, la creación de empleos dignos y el aumento de la renta salarial. En fin, la economía deposita gran confianza en el consumo agregado para ofrecer a la sociedad mayores oportunidades de producción y empleo bajo el lema de mayor consumo, mayor riqueza, sin reparar sobre las consecuencias negativas del consumismo sobre el medio ambiente. Solo recuérdese, las palabras de Sala i Martín (2016) al decir que la riqueza hay que buscarla en la mayor producción y consumo de bienes y servicios. Solo que en los libros de economía se suele prestar poca atención al daño ambiental derivado de la mayor producción y el mayor consumo: la prosperidad material opaca a la naturaleza.

La economía colombiana al igual que el resto de países del mundo en la década de los ochenta del siglo XX entró en un proceso de desindustrialización con un mayor declive en el año 1988, situación que se intensificó con la aceleración de la apertura económica a comienzos de la década de 1990. La participación de las industrias manufactureras en el valor agregado total en Colombia disminuyó considerablemente, pasando de 24,2% en 1976 a 11,5% en 2021 (Hidalgo et al., 2025). A medida que los bienes manufacturados perdieron terreno, los servicios fueron ganando protagonismo. A este proceso se le conoce como desmaterialización de las economías, fenómeno que coincide con la recomendación realizada por Meadows et al. (1972).

En el informe *Los límites del crecimiento*, el equipo científico del MIT insta a enfocar los esfuerzos económicos de los países hacia el desarrollo del sector de comercio y servicios, menos comprometido con la crisis ambiental en contraposición con la industria manufacturera altamente consumidora de energía, y por excelencia, contaminante. Ahora bien, en la composición del consumo privado en Colombia, el 44,2% corresponde a bienes y el 55,8% a servicios, con una tasa de crecimiento anual media de los servicios de 3,9% levemente superior a la tasa de los bienes. En cuanto a los bienes, en el periodo analizado fue más dinámico el consumo de bienes durables (electrodomésticos, muebles, joyas, instrumentos musicales, productos metálicos, etc.) con una tasa anual media de crecimiento de 5,7%, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Consumo por tipo de bienes de los hogares en Colombia 2005-2023

Tipo	Proporción	TCAM	Bienes no durables (TCAM)	Bienes semidurables (TCAM)	Bienes durables (TCAM)
Bienes	44,2%	3,8%	3,4%	4,5%	5,7%
Servicios	55,8%	3,9%			
Total	100,0%				

TCAM: Tasa de crecimiento anual media

Fuente: elaboración propia con datos del Sistema de Cuentas Nacionales, DANE.

De hecho, el carácter dinámico del consumo de bienes durables debería despertar una enorme preocupación en la opinión pública, en especial por la obsolescencia programada que saca rápidamente de circulación a millones de productos, convirtiéndolos en desechos contaminantes con escasas posibilidades de reutilización, incluso, antes de concluir su vida útil. Esta situación es frecuente en los teléfonos celulares, cuya vida útil

promedio se estima en cinco años. La publicidad de las compañías de telecomunicaciones es tan potente, que antes de terminar el primer año de uso, una proporción significativa de clientes han reemplazado sus equipos para no sentirse fuera de vanguardia.

La tabla 8 muestra el consumo final de los hogares colombianos por tipo de bienes y servicios en el periodo 2005 - 2022 a precios constantes de 2015, el cual creció a una tasa anual media de 3,8%. El ingreso de los consumidores se gastó esencialmente en alimentos y bebidas no alcohólicas con 17,5%, alojamiento, agua, electricidad, gas y otros combustibles con 15,9%, restaurantes y hoteles con 11,5% y bienes y servicios diversos. Los gastos de consumo que más crecieron en dicho periodo fueron recreación y cultura con una tasa de crecimiento anual media de 6,2%, comunicaciones con 5,2% (recuérdese el caso de los celulares comentado arriba) y bienes y servicios directos con 5,0%. De esta tabla se destacan dos aspectos. El primero relacionado con alojamiento, agua, electricidad, gas y otros combustibles, es decir, el consumo de energéticos es representativo en el gasto final de las familias, y el segundo, con el fuerte crecimiento del consumo de servicios de comunicaciones, muy por encima del consumo de bienes básicos, tales como: alimentos y bebidas no alcohólicas con una tasa de crecimiento de 3,5% y prendas de vestir con 4,0%.

Tabla 8. Gasto de consumo final de los hogares en Colombia 2005-2023

Tipo de bienes y servicios	Proporción* (%)	TCAM**
Alimentos y bebidas no alcohólicas	17,5	3,5
Bebidas alcohólicas, tabaco y estupefacientes	3,3	3,8
Prendas de vestir y calzado	6,7	4,0
Alojamiento, agua, electricidad, gas y otros combustibles	15,9	3,5

Tipo de bienes y servicios	Proporción* (%)	TCAM**
Muebles, artículos para el hogar y para la conservación ordinaria del hogar	4,3	3,6
Salud	8,1	3,4
Transporte	8,6	4,0
Comunicaciones	3,7	5,2
Recreación y cultura	6,1	6,2
Educación	4,3	2,1
Restaurantes y hoteles	11,5	3,1
Bienes y servicios diversos	10,1	5,0
Consumo total	100,0	3,8

*Corresponde al promedio del periodo 2005-2022. **TCAM: Tasa de crecimiento anual media
Fuente: elaboración propia con datos del Sistema de Cuentas Nacionales, DANE

Dicho lo anterior, lo más preocupante es que la producción nacional en Colombia depende en un poco más de un tercio del consumo de los hogares. Desde esa lógica, para crecer es indispensable consumir, y para consumir es necesario producir; gestándose así, un círculo vicioso exacerbado por la innovación y la rivalidad empresarial como condiciones necesarias de permanencia en el mercado. Esto se agrava por la intromisión de la publicidad como mecanismo de manipulación y engaño al consumidor, y no simplemente como medio de información como la teoría de la elección racional intenta justificar.

La reducción del consumismo es el desafío más grande que enfrentan las sociedades modernas para hacer frente a la crisis ambiental; sin embargo, los patrones de consumo globales parecen ir en dirección contraria, es decir, a favor de los vientos del crecimiento económico anclado en la reducción de costos de producción y en la soberanía del consumidor, prometiendo sociedades más prósperas a partir de

una mayor disponibilidad de bienes y servicios. Daly & Cobb (1997) puntualizan que, el sistema capitalista trata de transformar a las personas para que encajen en sus propios supuestos e intereses. Escobar (2014) se adhiere a esta crítica, argumentando que el desarrollo debe ser visto de manera crítica como una importante fuerza social y cultural a la cual se debe encarar. Seguramente, esta fuerza social y cultural a la que se refiere Arturo Escobar, es la justicia ambiental y la sostenibilidad del planeta.

Para ilustrar lo expuesto aquí, tómesese el Índice de Desarrollo Humano (IDH) del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Este índice está compuesto por la esperanza de vida al nacer, la educación y el ingreso per cápita. Aunque existe un consenso acerca de qué crecimiento económico no es igual a desarrollo económico, es bien sabido que la renta per cápita es esencial para ampliar la esperanza de vida y mejorar la educación de las personas. Daly (2000) sostiene que, “el crecimiento es un concepto físico. Cuando algo crece, se hace más grande, mientras que el desarrollo es un concepto cualitativo: cuando algo se desarrolla, algo mejora” (p. 35). Al final de cuentas, cuando el ingreso por habitante de un país cualquiera aumenta, entonces la esperanza de vida y la educación en dicho país también mejoran. Con todo, el crecimiento económico no es solo cuantitativo como la economía ecológica lo define. Su impacto cualitativo en el desarrollo económico es innegable; solo basta preguntarse algo para entender la importancia de que una economía crezca: ¿Qué pasaría con la sostenibilidad financiera de los programas sociales del gobierno, si el recaudo de impuestos se desacelera? La respuesta es obvia: la pobreza escalaría a niveles dramáticos.

Nótese que el PIB es un indicador del producto material (algo que aumenta o que disminuye de tamaño), en cambio el IDH es un indicador de bienestar

humano más completo (algo que mejora o que empeora). En consecuencia, el crecimiento económico en alguna medida es capaz de explicar el desarrollo económico y el bienestar social. Por lo anterior, las propuestas de decrecimiento económico deben ser examinadas con mayor detalle. En ese mismo sentido, Burton & Somerville (2000) critican a los partidarios del decrecimiento por no haber logrado elaborar un conjunto viable de políticas dirigidas a reducir las emisiones de GEI y estabilizar la temperatura media global. Para ellos, la crisis ecológica no es el resultado del neoliberalismo como Pollin (2000) lo pretende hacer ver, sino del capitalismo como sistema autoexpansivo que todo lo transforma en mercancía y ganancia. Este tipo de conducta amenaza la reproducción social y física de la sociedad humana, e impide o ralentiza el desacoplamiento total entre la actividad económica y los combustibles fósiles.

Capítulo 5.

Crecimiento o decrecimiento económico: ¿Qué camino seguir?

El paso de la *oikonomía* a la crematística, Polanyi (2017) lo describe con asombro como la gran transformación. Este autor criticó la viabilidad de los mercados libres como soluciones mágicas a los problemas económicos y sociales; es más, puso en duda la existencia de un sistema de mercado autorregulado verdaderamente libre, capaz de transformar la sociedad solo a partir del sistema de precios y salarios, y con la mínima intromisión del gobierno. Lo cierto es que, el mundo no solo atraviesa una crisis económica y social, sino también una crisis ambiental, instalada en el planeta Tierra desde hace más de medio siglo, cuyos síntomas solo se hicieron evidentes a principios de los años setenta, a causa de las denuncias hechas por Boulding (1966) y la publicación del informe *Los límites del crecimiento*, a cargo de un grupo de investigadores adscritos al MIT.

5.1. Las voces del decrecimiento económico: Un clamor por la justicia ambiental

Para los decrecentistas, la teoría del crecimiento económico se resiste, pues, a escuchar las voces y propuestas de los activistas ambientales y defensores de derechos, quienes claman por justicia ambiental y exigen

la revisión del modelo actual de desarrollo desacoplado de la naturaleza, que alienta el consumismo y la contaminación por encima de la resiliencia y capacidad del medio natural. Por todo esto es que, Polanyi (2017) considera el mercado como parte de un fenómeno más amplio y relevante llamado sociedad. De hecho, la economía de mercado no es un fin en sí misma, sino un medio para lograr propósitos más trascendentales como la preservación y dignificación de la vida humana y la sostenibilidad de los ecosistemas.

Shakespeare (2012) refiriéndose a la relación entre la vida y la economía, en *El mercader de Venecia* expresó lo siguiente: “Me quitas la vida cuando me quitas los medios con los que vivo” (p. 86). O dicho, en palabras más modernas: Me quitas la vida cuando la economía se deshumaniza y la codicia coloniza a su antojo el medio ambiente. Max-Neff (1986) se unirá a este clamor diciendo que, la lógica económica no debe ser más importante que la reverencia a la vida, y que la vida solo es posible, sí y solo si, existe una armonía entre la comunidad y la naturaleza, ya que la economía es un subsistema de la biosfera. De todas maneras, la tríada: vida, naturaleza y economía son partes de un todo que se necesitan mutuamente para existir, de modo tal que, la economía no puede ser capaz de doblegar a la vida y a la naturaleza a los intereses del mercado. En palabras de Polanyi (2017), lo social es un fenómeno más trascendental que lo económico. En palabras de los decrecentistas, lo ecológico es un fenómeno que supera en trascendencia a lo social y a lo económico, por tanto, este es solo equiparable con la vida.

En el tercer capítulo de este libro se hizo una descripción bastante completa del crecimiento económico destacando sus atributos, pero también enunciando sus debilidades como indicador de bienestar. Dicho eso, es

hora de referirse al decrecimiento económico con la antítesis del progreso material alcanzado por la humanidad. La propuesta del decrecimiento económico impulsada por los economistas ecológicos europeos es bastante controvertida, precisamente por ir en contra de los intereses del capital y de los patrones de consumo fuertemente arraigados en el marginalismo.

Pero todo esto no termina ahí. Del crecimiento económico depende la suerte de los millones de trabajadores y sus familias en el mundo, También depende nuestra facilidad de encontrar en los supermercados, almacenes y tiendas, los bienes que a diario necesitamos para sentirnos bien. Dependen los avances en la esperanza de vida, salud, educación y renta per cápita que configuran el desarrollo humano; así como también, la esperanza de que millones de desempleados puedan encontrar un puesto de trabajo para cubrir sus gastos y deudas. En cualquier caso, del crecimiento económico depende la continuidad de los éxitos y fracasos del sistema capitalista.

Dicho eso, nos referiremos al decrecimiento económico como un enfoque filosófico, político, económico, social y ecológico de origen europeo que, aboga por la desaceleración económica como respuesta a la crisis ecológica. El decrecimiento proviene de la palabra francesa “*décroissance*” que significa reducción. El decrecimiento es un nuevo marco interpretativo que dio origen a un movimiento social donde confluyen ideas críticas y acciones políticas, así como variadas estrategias de activismo de resistencia, de construcción de alternativas y propuestas políticas en contra del crecimiento económico ilimitado (Demaria et al., 2013).

Para no ir muy lejos, el decrecimiento busca la descolonización del imaginario del crecimiento y del desarrollo (Martínez Alier, 2021).

No obstante, interpretando a Leff (2017) se diría que en el mundo se produjo una crisis civilizatoria expresada en “una crisis de los modos hegemónicos de comprensión del mundo, del conocimiento científico y de la razón tecno-económica que se han institucionalizado en el mundo globalizado y han intervenido la vida desprendiéndose de sus condiciones de sustentabilidad” (p.129). En palabras de los decrecentistas, el deterioro ecológico no obedece a ninguna racionalidad. Es la destrucción de la vida orquestada por el mismo ser humano.

Así pues, la teoría del decrecimiento critica fuertemente los cimientos de la sociedad productivista y consumista, y pone en tela de juicio los conceptos de «crecimiento y desarrollo» defendidos por la teoría económica dominante. Los economistas ecológicos consideran que las palabras «crecimiento económico» y «desarrollo económico» fueron equivocadamente extraídas por la economía neoclásica de la biología evolucionista de Jean-Baptiste-Pierre-Antoine de Monet (1744-1829), conocido como el Caballero de Lamarck y Charles Robert Darwin (1809-1882). Recuérdese que la economía moderna desde sus inicios en el siglo XVIII, quiso equiparar su método al de las ciencias naturales, de ahí, la pretensión de establecer leyes acerca de la conducta humana. Los biólogos al estudiar las especies y los organismos vivos, según los decrecentistas han concluido que, con el paso del tiempo - digamos a corto y mediano plazo -, las especies crecen, o sea, aumentan de tamaño; en cambio, a largo plazo, las especies y organismos vivos sufren transformaciones cualitativas que les permite adaptarse mejor al medio natural para sobrevivir, es decir, las especies se desarrollan.

Ahora bien, en el lenguaje biológico el crecimiento es cuantitativo y el desarrollo es cualitativo. Haciendo una pequeña pero importante analo-

gía, los economistas neoclásicos dirían que, el crecimiento económico es el reflejo de la cuantía del PIB por habitante – qué tan grande es la tasa de crecimiento del PIB per cápita – y que el desarrollo económico se materializa en aquellas variables que son afectadas positivamente por el buen comportamiento del ingreso per cápita incluido también en el IDH. La vida larga y saludable medida a través del índice de esperanza de vida y la educación por medio del cómputo de los años de escolaridad están determinados en alguna medida por el nivel de renta per cápita. Aunque esto puede sonar algo confuso es cierto. El ingreso por habitante que simboliza la prosperidad material influye directamente en la esperanza de vida, en la escolarización y en la salud. Una sociedad más rica podrá destinar más recursos para la financiación de bienes meritorios.

Los decrecentistas según Pollin (2000) se basan en la siguiente tesis: “el crecimiento es antieconómico e injusto, es ecológicamente insostenible y nunca será suficiente” (p. 90). Su crítica es pues, que el crecimiento y el desarrollo en la teoría económica dominante son solo metáforas, sin real aplicación en la economía. Latouche (2008) como fundador de la teoría de decrecimiento, subraya que: *progreso, crecimiento y desarrollo*, solo son palabras tóxicas o fetiches creadas por el imaginario del sistema capitalista responsable directo del desastre ambiental. En realidad, el crecimiento y el desarrollo según Latouche (2008), solo describen el bienestar y la felicidad individuales vistas desde un enfoque eminentemente material, por tanto, incompleto.

Desde otra orilla, la felicidad para los economistas ortodoxos es algo más real. Esta es susceptible de medición a través del sistema de cuentas nacionales que alberga los principales agregados macroeconómicos de todo país. Este tipo de felicidad está muy relacionada con la cantidad

de mercancías que un individuo puede o no tener a su alcance. De ahí que, una persona puede ser muy rica si consume muchas mercancías, o muy pobre, si solo consume aquellos bienes y servicios básicos. Para concretar esta aspiración, el liberalismo económico provee a los seres humanos de libertad para elegir, es decir, cada individuo puede acudir a su voluntad y capacidad de ingresos para consumir un conjunto apreciable de mercancías, o simplemente, puede contentarse con consumir unos cuantos productos. Este razonamiento no es totalmente cierto dada la existencia de clases o capas sociales lo cual genera exclusión en el mercado. Solo recuérdese la distribución personal del ingreso cuando se decía que los individuos amantes de las tortas, pero sin dinero en sus bolsillos no podían acceder a ningún trozo de ella, por tanto, la libertad está limitada por una restricción presupuestaria.

Prosiguiendo, los decrecentistas se preguntan: *¿si es imaginable un proyecto de decrecimiento económico que quiebre la acumulación de capital como piedra angular del sistema?* Para entender esto, los economistas ecológicos dividen el mundo en dos partes, así: norte y sur. El norte es el mundo desarrollado, caracterizado por el exceso de producción y consumo. En el norte está el origen de la crisis ambiental cuyos inicios se remontan a la revolución industrial. Por silogismo, el norte, es pues, el responsable de la emisión de la mayor cantidad de dióxido de carbono a la atmósfera y el más beneficiado de los bajos precios de las materias primas extraídas y explotadas en el sur.

Por su parte, en el sur se encuentra el mundo en desarrollo aquejado por los problemas de la pobreza y la desigualdad económica, a quien injustamente el norte le exige hacer un esfuerzo descomunal en comparación con el resto de países. Pero pese a las evidentes asimetrías en cos-

tos y beneficios, la totalidad de países comparten la misma biosfera, por consiguiente, todos se perjudican por los efectos del cambio climático, aunque la proporción de emisiones de GEI y la capacidad para cumplir los compromisos adquiridos en el Acuerdo de París no sean exactamente idénticos. Una verdad inocultable es que, mientras que en el norte se concentra la mayor producción y renta, así el consumo opulento y la generación de desechos de todo tipo, en el sur la vida de los pobres depende en sumo grado de los recursos naturales. Por ejemplo, las comunidades pobres localizadas en las zonas costeras viven de la pesca artesanal. Lo que ocurra con las inundaciones o sequías les afectará irremediablemente.

La teoría del decrecimiento critica fuertemente los postulados del crecimiento económico por considerarlos poco coherentes con la realidad y lesivos contra la vida. Los decrecentistas dudan de que, el crecimiento económico genere cohesión social y que la creación de empleo dependa exclusivamente del crecimiento económico. Estos pensadores le achacan al crecimiento económico la ocurrencia de agresiones medioambientales irreversibles, el agotamiento de recursos naturales no renovables y la concentración de la riqueza en el norte como resultado de la explotación de los países pobres en un sistema de comercio internacional asimétrico, arbitrario e injusto. En definitiva, según los economistas ecológicos, el crecimiento económico es el directo responsable de un modo de vida esclavo que obliga a las personas a creer que, si trabajan más duro obtendrán más dinero y prestigio y que, con los bolsillos llenos podrán comprar más bienes y servicios que los harán más felices.

El consumismo o pasión desenfrenada por comprar más y más mercancías es, de acuerdo con la teoría del decrecimiento, el resultado del mar-

keting que sienta sus raíces en tres razones esenciales, así: la publicidad, el crédito y la obsolescencia programada. La primera es premeditada, engañosa y manipuladora. Convierte al consumidor en un adicto a las compras de objetos que no necesita para nada. La segunda resuelve el problema de liquidez del consumidor, al ofrecerle la posibilidad de acceder a las mercancías a través de un endeudamiento falsamente creado promovido por el uso irresponsable de las tarjetas de crédito y otros mecanismos financieros. Y la tercera y última, se encarga de influir en el consciente y subconsciente del consumidor sobre la necesidad de reemplazar los objetos comprados por otros tecnológicamente más avanzados y estéticamente más bonitos, aun cuando la vida útil de las mercancías no haya finalizado. Los equipos de telefonía móvil de consumo masivo, son un buen ejemplo de obsolescencia programada. Pese a que su vida útil es de cinco años, una proporción importantes de estos se reemplaza antes de los dos primeros años de uso sin que los equipos hayan dejado de funcionar. La publicidad de manera prematura, los hace ver ante los ojos de los consumidores como equipos viejos, anticuados e incómodos. Así pues, el mensaje que recibe el consumidor esclavizado es: *si quieres seguir siendo una persona de éxito, ve y deshazte de ese viejo e incómodo celular que arruina tu vida. No olvides que las personas a las que tú admiras, ya lo hicieron.*

Ahora bien, la propuesta de decrecimiento económico aquí comentada, recoge una visión filosófica de la vida en relación con la naturaleza, esto es, los deseos de establecer un equilibrio duradero entre la vida y los ecosistemas. Aunque las premisas que motivan este modo de pensar de cara a la actual crisis ecológica, al cambio climático y a la pérdida de biodiversidad en el planeta; las reflexiones y reclamos de los decrecentistas, aunque son deseables desde el punto de vista normativo chocan con serios

problemas de implementación, tales como: el establecimiento de una renta básica permanente como medida de redistribución de la riqueza con todas las dificultades de insostenibilidad fiscal que esto acarrearía; la reducción de la jornada de trabajo para redistribuir los puestos de trabajo actuales y, de este modo, atenuar el desempleo; la modificación drástica de los patrones de producción y consumo globales; y lo más difícil, eliminar del imaginario capitalista la búsqueda del interés propio como aspecto motivador de la conducta humana.

Lo anterior supondría llevar a cabo una utopía de tal dimensión, consistente en sustituir el actual capitalismo por un ecosocialismo sin ninguna experiencia previa. La sociedad moderna tendría que retroceder a una sociedad feudal abandonando las comodidades logradas con mucho esfuerzo. Para que esto se vuelva realidad, es necesario que ocurra algo parecido al velo de la ignorancia expuesto por Rawls (1971) en su teoría de la justicia: todas y todos, sin excepción, debemos tomar decisiones justas sin importar las circunstancias personales. El fin supremo es salvar el planeta Tierra.

El hecho de tomar decisiones justas, sin importar el interés personal que motiva el desarrollo de los mercados y la expansión del capital, es una inmensa utopía solo posible de existir en la mente de los filósofos que ignoran sobre cómo funciona la economía. Más bien, las iniciativas decrecentistas deberían enfocarse a establecer una cultura de producción y consumo responsables, la reducción en el uso de plásticos convencionales, el aumento de la eficiencia energética, el desarrollo progresivo de fuentes de energía limpias, la reutilización de los desechos, la producción de alimentos orgánicos, el acceso a los vehículos eléctricos tanto en transporte privado como público, el desmonte total de los subsidios a los combusti-

bles, volcar el activismo ecológico hacia la cooperación científica y tecnológica en busca de desarrollar e implantar fuentes de energía alternativas y renovables, etc. El mayor volumen de inversiones públicas y privadas en el desarrollo de energías limpias sería una excelente medida para romper poco a poco la dependencia del planeta con los combustibles fósiles como principales causantes de los gases de efecto invernadero.

Finalmente, los problemas medioambientales actuales son globales, es decir, afectan a la totalidad de las especies vivas que habitan el planeta Tierra, por tanto, las soluciones también deben tener un alcance global y una cooperación a nivel mundial. Esto significa que, todos los gobiernos, sin excepción, deben hacer lo que les corresponde para asegurar la sostenibilidad ambiental de la biosfera. El compromiso más firme por mostrar es, sin duda, la reducción de la huella ecológica en las proporciones que a cada país le corresponde, así como transitar a un modelo de desarrollo económico sostenible en términos ecológicos. Lo anterior requiere de una cooperación honesta para el cumplimiento a cabalidad del objetivo # 13: Acción por el clima de la Agenda de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas.

5.2. Las preocupaciones ecológicas en el contexto del crecimiento económico

El informe elaborado por Meadows et al. (1972) sostenía que, si las cosas iban por el mismo camino el crecimiento económico un siglo más tarde sería nulo, es decir, el planeta no tendría posibilidades de continuar creciendo. En tal sentido, la teoría del decrecimiento es más extrema al señalar, al menos, de manera teórica que, si lo que se pretende es suavizar, así sea levemente la crisis ambiental actual, es inevitable desacelerar o

ralentizar el crecimiento económico, o sea, dejar inmediatamente de crecer. Una pregunta clave que se formula a los decrecentistas es: ¿cómo generar empleo en economías que decrecen de manera continua? Su respuesta es aún más incierta. Según los defensores de esta corriente filosófica, se tendría que disminuir la jornada de trabajo, es decir, que cada ocupado trabaje menos horas al día para hacer que las empresas y organizaciones puedan contratar a más personas. Este planteamiento es poco creíble puesto que la mercancía trabajo es heterogénea, es decir, cada trabajador es único e irrepetible, por tanto, no se puede sustituir perfectamente el trabajo como si fuese una mercancía idéntica. Los decrecentistas estarían violando desde ya, el argumento marxista según el cual, la fuerza de trabajo es una mercancía singular, única y viva. Se recuerda al lector que, los trabajadores no poseen las mismas habilidades y competencias, en consecuencia, existen diferencias sustanciales en el capital humano acumulado.

Los defensores de la teoría del decrecimiento creen que la implementación de esta medida favorecería el ocio y el bienestar de los trabajadores, haciéndolos más felices. Pero esta propuesta deja al margen cuestiones muy sensibles para los empresarios, a saber: el incremento de costos laborales que posiblemente reduciría la ganancia, las diferenciales en productividad laboral entre un trabajador y otro, las dificultades para encontrar el trabajador sustituto perfecto teniendo en cuenta que en el mercado laboral hay buenos y malos trabajadores, etc. En otro orden de ideas, la evidencia empírica muestra que los puestos de trabajo que dejan algunos trabajadores no son reemplazados por otros en una relación de uno a uno. En el periodo de pandemia por la COVID-19, se demostró que los empresarios acudieron a la sustitución de trabajo por capital; aún más, del trabajo físico se transitó al teletrabajo apoyado en plataformas tecnológicas.

El decrecimiento como discurso filosófico suena bien, en términos prácticos medidas de este tipo, implicaría grandes disgustos e incomodidades para la humanidad. Se tendría que renunciar a buena parte de la prosperidad material lograda hasta hoy. Pese a las críticas que arrastra la palabra prosperidad por parte de los decrecentistas, un cambio drástico en los patrones de producción y consumo con el cual muchos no estarían de acuerdo, y un aumento notable del desempleo que dejaría sin posibilidad de reinserción laboral a millones de personas. De conformidad con la aplicación de la ley de Okun en Colombia, por cada punto porcentual de crecimiento del PIB real, el desempleo en el país disminuiría en 0,33 puntos porcentuales (Hidalgo, 2024b). Si se toma la población desocupada en Colombia que, según el DANE en el mes de enero de 2025 es de 3.015.915 personas, y cuya tasa de desempleo es de 11,6%; entonces el 0,33% de reducción en la desocupación significaría 85.798 desempleados menos. Nótese que, la ley de Okun aplicada a la economía colombiana establece una relación de 3,4% a 1%, mientras que en la economía estadounidense es de 2% a 1%. Esto significa que, el mercado laboral colombiano es más rígido que el mercado laboral en los Estados Unidos, en consecuencia, es más difícil generar empleo en Colombia que en Estados Unidos. Según lo anterior, la posible implementación de medidas decrecentistas en el país acarrearía serios problemas económicos por la incapacidad de la economía colombiana para crear puestos de trabajo de manera dinámica.

De hecho, si se aplicaran las propuestas de decrecimiento tal como la plantea Latouche (2007, 2008) y Latouche & Harpagés (2011), el paro se convertiría en una auténtica tragedia para la población económicamente activa. Aun así, el decrecimiento económico no es una propuesta atractiva desde el punto de vista de la política económica. Por otra parte,

sostener una renta básica universal para asegurar que los hogares puedan satisfacer sus necesidades materiales fundamentales, tampoco es viable en el país debido al enorme déficit fiscal actual de 6,8% del PIB, el cual no muestra señales de reducción a pesar de la adopción de la regla fiscal establecida por la Ley 1473 de 2011.

A lo anterior se añade, la deuda externa de Colombia a diciembre de 2024, la cual representa el 48,2% del PIB. Del Presupuesto General de la Nación vigencia fiscal 2025 aforado en \$ 523 billones, el 21,5% (\$ 112,6 billones) se destinan al pago del servicio de la deuda, proporción superior a los gastos de inversión pública estimados en 15,8% (\$ 82,5 billones). En suma, el panorama fiscal actual del país sería incapaz de sostener la implementación de medidas decrecentistas, tal como lo sugieren los economistas y activistas ecológicos en un mundo caracterizado por distintas ideologías políticas y por la inestabilidad y recurrentes crisis económicas.

Por lo anterior, habría que explorar otras medidas más sensatas, tales como: el comercio de derechos de emisión, el aumento de la eficiencia energética, la cooperación tecnológica para desarrollar nuevas formas de producir y consumir, la adaptación climática, el desarrollo de nuevas fuentes de energía amigables con el medio ambiente, la protección de la Amazonía como principal sumidero y pulmón natural del planeta, la aforestación y el freno a la deforestación¹⁰, la potenciación del comercio y los servicios, la sustitución progresiva de los vehículos con motores de combustión interna por vehículos eléctricos, el desmonte total de los

10 Los bosques naturales en Colombia como principales sumideros están sometidos a procesos intensivos de deforestación. Estos se encuentran en territorios controlados por los grupos alzados en armas y delincuencia organizada, por tanto, las acciones que ejercen tanto el Ministerio de Medio Ambiente como las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) son ineficaces.

subsidios a los combustibles fósiles, la masificación en el uso de la bicicleta, el desarrollo de sistemas masivos de transporte público, la economía circular, el menor consumo de plásticos, solo para citar algunas.

En síntesis, renunciar al crecimiento económico en un contexto de enormes dificultades económicas y financieras no es una decisión sensata. Hacer posible un modelo de decrecimiento implicaría pensar en la instauración de un Estado de Bienestar generalizado, el cual estaría condenado a desaparecer rápidamente por su fragilidad fiscal. Los Estados modernos enfrentan serios problemas de financiamiento que no se resuelven únicamente por medio de reformas tributarias como los políticos lo intentan imponer. La capacidad de los agentes económicos para soportar impuestos es limitada, por tanto, la benevolencia del Estado también es acotada.

Capítulo 6.

Disyuntiva entre crecimiento económico y estabilidad climática: el caso colombiano

Los medios de comunicación en todo el mundo nos han invadido de noticias, comentarios, opiniones y todo tipo de alertas acerca del calentamiento global. Expertos y no expertos vaticinan sobre la gravedad del cambio climático y la destrucción progresiva del planeta a causa de la quema de combustibles fósiles que producen gases de efecto invernadero. Incluso, algunos van más lejos, al afirmar sin ningún sustento científico ni técnico que, el fin de la especie humana está más cerca de lo que creemos. En consecuencia, invitan a la humanidad a reflexionar sobre la idea de sustituir el controvertido capitalismo por un ecosocialismo, sin haber mayores referencias ni experiencias previas. A decir verdad, el ecosocialismo surgido del pensamiento decrecentista extremo es simplemente una idea que gravita en la cabeza de algunos filósofos políticos y economistas ecológicos quienes no comparten los ideales de la sociedad capitalista, supuestamente, por su carácter explotadora y extractivista.

Ciertamente, el ecosocialismo no ha sido sometido a ningún escrutinio científico, salvo, el conocimiento recogido de las experiencias asociadas al socialismo soviético, cubano, norcoreano y chino que, por cierto, no pueden tomarse como ejercicios ejemplificantes del uso racional de los

recursos naturales no renovables, ni tampoco como modelos exitosos de transformación de la matriz energética. Todos estos países han hecho y hacen uso de combustibles fósiles, en particular la URSS de Stalin en su afán de convertirse en una potencia mundial.

De hecho, el ecosocialismo es una propuesta que invita a la sociedad a regresar a un modo de producción muy similar al sistema feudal, invalidando de facto los avances en la técnica que tanto tiempo y esfuerzo han demandado. Dicho sea de paso, la resonancia de la propuesta ecosocialista en un mundo convulsionado por los problemas medioambientales globales, carece de toda viabilidad política, económica y social, máxime si se revisan los controvertidos resultados del socialismo del siglo XX que, a parte de minar con el progreso material, destruyeron los cimientos de la democracia, dando lugar al establecimiento de regímenes absolutistas, dictatoriales y violadores de derechos humanos que erosionaron los principios fundamentales de la libertad y la propiedad privada.

La reflexión que se propone en este capítulo no tiene que ver de ninguna manera con la defensa del capitalismo como sistema económico hegemónico, ni con la justificación de aspectos tan reprochables como la desigualdad económica, la pobreza, la precariedad laboral, el consumismo, la contaminación, la pérdida de la biodiversidad, el cambio climático y otros tantos. El mensaje que se quiere transmitir aquí es que, si es posible en el actual sistema, utilizar adecuadamente la publicidad para alterar los patrones de consumo actuales, moderar el consumo hacia niveles sostenibles, reducir el volumen de desechos que se producen en la industria, disminuir la tala de bosques transitando hacia el desarrollo de materiales que sustituyan a la madera natural por madera artificial o

por madera de bosques plantados, aumentar la eficiencia energética, usar adecuadamente las reservas de energéticos, dinamizar ramas de actividad económica sostenibles, implementar incentivos para reemplazar gradualmente el parque automotor, implementar sistemas de transporte sostenibles, desarrollar e implantar fuentes de energía alternativas, etc.

Por supuesto, este tipo de medidas toman tiempo en su planificación y ejecución, y requieren grandes inversiones públicas, privadas y mixtas. Como muchas de estas intervenciones tienen carácter global, por tanto, se requieren consensos y compromisos mundiales, financiación multilateral y cooperación internacional norte-sur y sur-sur. Ahora bien, en el supuesto de que el ecosocialismo fuera una alternativa viable para frenar la crisis ecológica global, esta podría ser viable si y solo si, todos los países sin excepción, se convierten a esta nueva-vieja forma de producir, intercambiar y consumir. Por el contrario, si solo unos pocos lo hacen, se incurrirá en un fracaso rotundo. Ante cualquier intento de implantar el ecosocialismo en un determinado país, de seguro, los empresarios se resistirían a dejar de producir, los capitales se fugarían por la proliferación de desincentivos y los consumidores no podrían satisfacer sus preferencias. Es por esto que, el ecosocialismo tal como se lo pinta en el pensamiento decrecentista, choca con genuinas barreras que le impedirían constituirse en un modo de producción alternativo, salvo, que las personas perdieran la memoria. Que ocurra algo parecido con el velo de la ignorancia descrito por John Rawls.

La interrelación entre el crecimiento económico y el medio ambiente

Antes de explorar la interrelación entre la producción y el medio ambiente con el propósito de mostrar en el caso colombiano, si efectivamente el calentamiento de la Tierra que induce al cambio climático es provocado por el crecimiento económico como usualmente se afirma, o si son las emisiones de carbono las determinantes del crecimiento económico. De hecho, la literatura disponible sugiere que la relación entre crecimiento económico y cambio climático es complicada de entender. Por lo anterior, el cambio climático es atribuido en forma general a la ejecución de actividades humanas productivas y no productivas.

Fíjense que, al hablar de actividades humanas no solo involucra lo productivo, aunque indirectamente lo no productivo se halla relacionado con lo productivo. Por ejemplo, cuando una persona usa su vehículo para transportarse no está incurriendo en ninguna actividad productiva, pero la producción de gasolina que usa el vehículo, si forma parte de una actividad productiva. Este tipo de relaciones múltiples hacen que el cambio climático sea difícil de entender, gestionar y combatir. Pero también hay un elemento a favor: la conducta humana, la cual es susceptible de moldear hacia ciertos propósitos mediante incentivos y desincentivos. Es aquí, donde la economía tiene que ver mucho con la solución.

En el primer caso, el crecimiento económico afecta el cambio climático por las siguientes razones, a saber: a) el crecimiento económico exige un mayor consumo de energía. Dicha energía depende del uso de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural), cuya quema emite partículas de dióxido de carbono. El dióxido de carbono es un gas de

efecto invernadero que se concentra en la atmósfera impidiendo que el calor pueda subir al espacio; en consecuencia, las emisiones de dióxido de carbono suspendidas en la atmósfera calientan la superficie de la Tierra.

El lector curioso se preguntará: qué es el efecto invernadero tan de moda en la jerga del cambio climático. La NASA (2024, p. 1), define el efecto invernadero de manera didáctica, así:

La luz del sol llega a la tierra, una parte de la energía solar es reflejada de vuelta al espacio, parte es absorbida y re-irradiada en forma de calor, la mayor parte es absorbida por los gases de efecto invernadero y luego se irradia en todas las direcciones, calentando la Tierra.

En palabras más sencillas, el efecto invernadero se podría describir, así: la energía solar es fundamental para la vida terrestre. Dicha energía se desplaza desde el sol hacia la tierra. Una parte de ella es atrapada por las plantas para hacer posible el proceso de fotosíntesis¹¹. La parte sobrante de gran proporción revota de la superficie de la Tierra hacia el espacio, pero en ese trayecto, los gases de efecto invernadero producidos por la quema de combustibles fósiles concentrados en la atmósfera atrapan los rayos del sol. El calor atrapado por los gases de efecto invernadero es irradiado en todas la direcciones de la superficie terrestre provocando que la temperatura media del planeta se eleve. Por último, la elevación de la temperatura media en la superficie de la Tierra provoca desórde-

11 Proceso químico que realizan las plantas para transformar la materia inorgánica en orgánica gracias a la luz que aporte la energía del sol. A través de la fotosíntesis, las plantas producen su propio alimento combinando agua, dióxido de carbono y luz solar. Sin la fotosíntesis sería imposible la existencia de la vida vegetal, de la que depende, a su vez, la vida humana y la vida animal.

nes climáticos que se expresan en grandes tormentas, inundaciones, sequías, deshielo de los glaciares, pérdidas de cosechas, etc.

En resumen, el cambio climático global es un efecto directo del calentamiento global. El calentamiento global es un efecto del aumento de la temperatura media y el aumento de la temperatura media es una consecuencia de los gases de efecto invernadero que retienen gran parte de los rayos solares. Finalmente, los gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, vapor de agua, ozono, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre) son producidos por actividades humanas: algunas directamente relacionadas con la producción y otras no.

Nótese que, la evidencia científica sostiene que aunque la acción del sol influyó en el clima antes de la revolución industrial, el sol por sí solo no es capaz de explicar el calentamiento global. En resumidas cuentas, el cambio climático es producido por: a) las emisiones de dióxido de carbono de origen antropogénico que atrapan y ralentizan la pérdida de calor hacia el espacio; b) la deforestación y el uso del suelo a causa de la expansión de los perímetros urbanos, la adopción de la agricultura intensiva y la práctica de la minería; y c) la mayor producción de residuos o desechos a causa del crecimiento industrial y urbano (NASA, 2024).

El cambio climático es el responsable de los siguientes hechos: a) la ocurrencia inundaciones, sequías y huracanes que destruyen el capital físico de un país o de un territorio afectando negativamente la tasa de crecimiento económico; b) las temperaturas excesivas y las modificaciones abruptas en el régimen de precipitaciones o lluvias que disminuyen los rendimientos en la producción de alimentos y provocan sobrecostos en la adaptación

climática; c) los aumentos de costos en las intervenciones públicas y privadas de adaptación climática. Por ejemplo, la modificación de los calendarios de siembra y cosecha de determinados cultivos, el desarrollo de semillas más resistentes al cambio climático, la modificación de las técnicas productivas y; d) las afectaciones a la salud humana por exposición de las personas a excesivas temperaturas y niveles de contaminación ambiental que incrementan el ausentismo en el trabajo y afectan indirectamente la productividad laboral en las empresas y organizaciones.

En fin, como no solo se trata de ahondar en el entendimiento del problema, sino en el planteo de soluciones viables, los expertos recomiendan lo siguiente: a) adoptar modelos de crecimiento sostenible a través del desarrollo e implantación de energías renovables, ganancias en eficiencia energética y la práctica de la economía circular; b) desarrollo e innovación tecnológica para la adopción de tecnologías limpias que permitan aumentar la producción sin aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero; por ejemplo, la conversión gradual y progresiva del parque automotor de combustión interna en un parque automotor eléctrico. De este modo, el transporte como sector clave reduciría su efecto contaminante; y c) el diseño e implementación de políticas de mitigación y adaptación al cambio climático, entre las que se incluyen: regulaciones ambientales y ecológicas, la fijación de impuestos al carbono, así como otras medidas de resiliencia climática.

En suma, los expertos del cambio climático recomiendan transitar de la producción sostenida a la producción sostenible, aunque para los economistas ecológicos esta no es una solución definitiva. La producción sostenible según los decrecentistas, no resuelve en nada el problema ecológico de la biosfera debido a que no rompe con los postulados de la

teoría de crecimiento neoclásico. Precisamente, esta fue una de las razones por las cuales Nicholas Georgescu-Roegen considerado el padre de la bioeconomía, quien inicialmente tenía un cierto apego con las ideas defendidas por el equipo de investigación del MIT en 1972, termina apartándose de este equipo científico liderado por Donella Meadows. Se intuye que el equipo investigador del MIT, pese a los sorprendentes e inesperados resultados encontrados, se mantuvieron fieles a los supuestos de la economía ambiental totalmente opuestos a los planteamientos de la teoría económica ecológica fuertemente arraigada en el pensamiento de Georgescu-Roegen.

6.1. Hacia un nuevo paradigma: De la prosperidad material a la prosperidad sostenible

Como se comentó en un apartado anterior, el interés mundial por la crisis ambiental surgió en 1972 tras la publicación del informe *Los límites del crecimiento*. Los resultados y conclusiones de este informe aunados a la preocupación de políticos, burócratas, académicos y ambientalistas por el supuesto crecimiento económico nulo que ocurriría cien años más tarde, suscitó la celebración de la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano en Estocolmo (Suecia) celebrada del 5 al 16 de junio de 1972. Estos hechos de reconocida importancia en la historia mundial no fueron en sí, los únicos antecedentes que asociaban el crecimiento económico con el deterioro ambiental.

De hecho, el economista inglés William S. Jevons (1835-1882) publicó en 1865 un libro titulado: *El problema del carbón*. En esta obra, Jevons examinó el agotamiento del carbón en Reino Unido, particularmente el freno económico que significaba la pérdida de este recurso en términos

de progreso material. Jevons analizó el pico del consumo del carbón, la sostenibilidad en el tiempo de este recurso natural, el crecimiento excesivo de la población y al final, planteó algunas alternativas energéticas de cara al agotamiento de este recurso.

Ahora bien, la crisis climática y la contaminación no formaban parte de las preocupaciones ambientales de occidente en el siglo XIX, pero sí era de sumo interés para William S. Jevons, conocer qué tanto afectaba el agotamiento del carbón al crecimiento económico de Gran Bretaña, y cómo se podría explotar este recurso natural no renovable de manera óptima para no poner en riesgo la prosperidad material que auguraba la revolución industrial. La reflexión de Jevons en el siglo XIX condujo a la paradoja que lleva su mismo nombre, la cual fue retomada a principios de la década de 1970 tras la crisis petrolera. Según esta paradoja, el progreso técnico o las políticas públicas provocan un aumento en la eficiencia con la que se utiliza un factor productivo determinado. En consecuencia, las ganancias en eficiencia económica reducen la cantidad utilizada de dicho factor; sin embargo, la caída en el precio del recurso productivo utilizado incentiva su demanda, haciendo que aumente el consumo de este recurso en lugar de reducirse.

La reflexión de Jevons con respecto al aumento de la eficiencia económica (llamada hoy, progreso tecnológico) en el proceso de extracción del carbón haría que el precio de este bien disminuyera, y en lugar de reducirse el consumo de carbón como recurso energético, su demanda se incrementaría, produciéndose así una mayor dependencia del carbón. Que quede claro que, la preocupación de William S. Jevons en el siglo XIX no era precisamente la contaminación como lo es hoy, sino los problemas económicos para Gran Bretaña a causa del agotamiento

del carbón como combustible para operar las locomotoras, las centrales eléctricas y como medio de calefacción de las casas.

Desde esta perspectiva, nótese que la paradoja de Jevons invalida la potencialidad del cambio tecnológico al no lograr reducir la dependencia de un recurso energético cualquiera. Por ejemplo, la tecnología del fracturamiento hidráulico o fracking de uso reciente en la explotación de yacimientos de petróleo y gas natural situados a poca profundidad del subsuelo y a un menor costo de producción, aumentan la oferta de este tipo de combustibles, reduciéndose su precio internacional, lo cual incentiva nuevamente su demanda. De otro lado, al uso del fracking se asocian otros problemas ambientales serios como la contaminación del agua, la emisión de gases tóxicos, explosiones incontroladas, riesgo sísmico, alteraciones del paisaje natural, etc.

Al parecer, el mundo occidental no quiere renunciar al uso de los combustibles fósiles. En una reciente alusión del presidente Donald Trump como parte de su política nacionalista *American First*, recomendó a las empresas petroleras estadounidenses explotar todo el petróleo que fuese posible en subsuelo de los Estados Unidos sin reparar en los daños ambientales ocasionados por el fracturamiento hidráulico como estrategia de soberanía energética y uso intensivo de hidrocarburos. Es más, también se refirió al posible retiro de los Estados Unidos del Acuerdo de París para evitar el cumplimiento de sus compromisos en materia de reducción de emisiones de GEI, y de este modo, dar flexibilidad a su política de expansión del aparato industrial.

La idea es que no quede el sabor amargo de que el progreso tecnológico, como lo planteó Jevons en su época, es nocivo en términos de reafirmar

la dependencia de los recursos energéticos, sobre los cuales recae hoy, sin lugar a discusiones, el peso del calentamiento del planeta. Con todo, el progreso tecnológico debe ser visto como una opción y, quizá, la más importante para transformar la matriz energética convencional en un conjunto de posibilidades de fuentes alternativas de energía renovable de bajo o nulo consumo de carbono. Es por eso que, Sorensen & Whitta-Jacobsen (2008) nos recuerdan que muchos economistas:

Tienden a ser optimistas desde el punto de vista tecnológico y creen que las posibilidades de sustitución en la producción son casi ilimitadas a largo plazo. Señalan que siempre que un recurso natural escasea, su precio relativo tiende a subir, lo que establece muchos y fuertes incentivos para desarrollar otras técnicas de producción y otras pautas de consumo que sean menos dependientes del factor escaso (p. 209).

Estos autores nos invitan a no interpretar literalmente el supuesto de «sustitución ilimitada» tan criticado por la economía ecológica, sino más bien, a mirar el valor de los incentivos económicos como mecanismos para desarrollar nuevas tecnologías, nuevas materias primas e insumos para hacer más eficiente y más barato el proceso productivo. En la actual crisis climática el cambio técnico debe enfocarse al desarrollo de tecnologías no contaminantes, ojalá con cero emisiones de carbono. Sírvase de ejemplo, la manera como Whitta-Jacobsen (2008) describen la importancia de los incentivos económicos como dinamizadores del progreso tecnológico, así:

La hipótesis de la sustitución ilimitada no implica que, cuando al mundo solo le resta una tonelada de cobre, los procesos de produc-

ción solo utilizarán cantidades muy pequeñas del cobre restante junto con un trabajo extraordinariamente sofisticado de acuerdo con una antigua función de producción. Más bien la hipótesis debe entenderse en el sentido de que el cobre sustituido por otro producto inventado, ya que el cobre, debido a su escasez, se habrá encarecido extraordinariamente y los beneficios derivados del desarrollo de un producto sustitutivo serán muy grandes (p. 209).

Prosiguiendo con este relato, el economista ecológico Kenneth Boulding en 1966 publicó el ensayo titulado: *The economics of the coming spaceship earth*. En esta obra, Boulding (1966) vinculaba lo social, lo económico y lo ambiental, para luego de manera creativa y crítica, comparar la Tierra con una nave espacial. Este autor usó la metáfora de la nave espacial para denunciar públicamente que, el crecimiento económico había llegado a sus límites, que la biosfera no podía soportar la extracción ilimitada de recursos naturales no renovables, y que el planeta era incapaz de absorber la cantidad de desechos que generaba la producción de bienes incentivada por un consumo incontrolado. En efecto, Boulding (1966) se atrevió a denunciar la contaminación del suelo, el agua y el aire que se había convertido en una genuina preocupación no solo en los Estados Unidos, sino en el mundo entero.

No sobra recordar que, después de 1945 la economía mundial experimentó un largo proceso de crecimiento de la producción gracias al aumento de la productividad del trabajo, acompañado de bajas tasas de inflación y desempleo, una relativa estabilidad laboral, así como una subida de los salarios reales que elevó el poder adquisitivo de la clase trabajadora. De ahí que, el consumo incontrolado al que se refiere Boulding (1966), es fruto del empleo protegido, el cual es elogiado por Heinz (2007) en el siguiente pasaje:

Hasta alrededor de finales de la década de 1970 las relaciones laborales estaban, en general, determinadas por el trabajo asalariado doblemente libre, por unos ingresos que aseguraban la existencia, por unos horarios de trabajo (jornada de ocho horas) fijados contractualmente por convenio y por compensaciones garantizadas contra el desempleo, la enfermedad, la invalidez y la vejez (seguridad social) para la prevención de los riesgos de la existencia individual. La forma reproductiva dominante era la familia nuclear proletaria (p. 109).

Lo descrito arriba, forma parte de lo acontecido en occidente durante los años dorados del capitalismo, esto es, un periodo de crecimiento económico sostenido a una tasa de crecimiento anual media del PIB mundial cercana a 5%. Este periodo se caracterizó por el avance tecnológico, el auge de la industrialización que se extendió también a los países en desarrollo y una alianza económica fuerte entre el sector público, el sector privado y los sindicatos cuyo propósito era expandir el aparato productivo hasta donde se pudiese. Si bien en los años dorados del capitalismo, la prosperidad económica alcanzó su máximo ritmo y los estándares de vida mejoraron notablemente; no obstante, la relación entre crecimiento económico y naturaleza se volvió más tensa que nunca, hasta el punto de desviar la atención del público hacia la crisis ecológica planetaria. Así pues, había llegado el momento de pensar en un modelo de desarrollo distinto, esto es, el desarrollo sostenible.

Por lo ocurrido a mediados de la década de 1960, Boulding (1966) manifiesta un profundo desasosiego por la contaminación más que por el agotamiento de los recursos naturales no renovables. En el ensayo arriba nombrado, este autor señala casos específicos de contaminación del aire

en Los Ángeles, la contaminación del agua en el Lago Erie y la contaminación de los océanos con dicloro difenil tricloroetano (DDT) considerado un insecticida muy tóxico introducido en el mercado a mediados del siglo XX, cuya producción, uso, almacenamiento y comercialización fue prohibida a nivel mundial. Este autor también denuncia la contaminación atmosférica que había ganado terreno en aquella época, y que luego sería el eje central de los problemas ambientales contemporáneos.

En suma, Boulding (1945; 1966) criticó fuertemente la desmedida obsesión del capitalismo por la producción y el consumo, aspectos que para él, no cubrían la totalidad del bienestar humano. En ese sentido, reprocha la obsolescencia programada, la publicidad competitiva y la baja calidad de los bienes que aceleraban el consumismo incontrolado. Como diría Leonard (2010), en ese periodo histórico se quiso “instilar en el comprador el deseo de poseer algo un poco más nuevo, un poco mejor, poco antes de lo necesario” (p. 222). Por añadidura, Riechmann (1999) sostiene que, para superar la crisis ecológica global es necesario distinguir entre lo necesario y lo superfluo. Esto último corresponde a falsas necesidades que aparecen y desaparecen velozmente al unísono con la moda y la publicidad, colonizando rápidamente nuestro modo de vida. De hecho, el marketing, la publicidad y la obsolescencia programada se han transformado en los más fieles y leales servidores del consumismo.

6.2. El proceso económico y la naturaleza: el modelo de Georgescu-Rogen

En el actual shock climático surge una pregunta recurrente de enorme importancia para entender la crisis ambiental y plantear alternativas de solución viables. Recuérdese que, desde los trabajos pioneros del

problema del carbón de William Stanley Jevons en 1865, las críticas de Kenneth Boulding a la contaminación ambiental del recurso suelo, aire y agua y el visible deterioro ecológico a costa de una prosperidad económica acelerada después de la Segunda Guerra Mundial, el trabajo de Nicholas Georgescu-Roegen sobre la ley de la entropía y el proceso económico publicado en 1971 y el informe del MIT dado a conocer en 1972 por encargo del Club de Roma, el cual despertó la atención del público sobre los límites naturales a los que se enfrentaba el acelerado crecimiento económico. La inquietante pregunta que nos formulamos hoy, es pues: *¿cuál es la relación entre el proceso económico y el medio ambiente?* Este interrogante surge de la preocupación global por el cambio climático derivado de los gases de efecto invernadero acumulados en la atmósfera en el periodo posindustrial por la acción humana. Aparentemente, el primer fenómeno señalado como responsable directo del calentamiento del planeta Tierra es el crecimiento económico, cuya crítica primordial reside en que, es imposible crecer infinitamente en un planeta con recursos finitos. Es decir, la pretensión del paradigma neoclásico dominante desborda los límites de la biosfera creando un conflicto ecológico de dimensión global que pone en riesgo la vida en general.

En el séptimo capítulo se aplica la función de producción tipo Cobb-Douglas que utiliza la escuela neoclásica para explicar el crecimiento económico. En esta función, el recurso tierra representada en los recursos naturales no renovables son fijos y se agotan en el transcurso del tiempo por su explotación y uso. Además, la economía se considera como un sistema independiente, no limitado por el medio ambiente, el cual resuelve los problemas de escasez de los factores productivos que se van agotando vía sustitución de los mismos a través del cambio tecnológico que opera conforme incentivos de mercado.

Como se examinará en el siguiente capítulo, según este paradigma epistemológico, los recursos naturales no son un freno al crecimiento económico, siempre y cuando la tasa de crecimiento poblacional sea baja y el progreso tecnológico sea alto, condiciones que permitirán garantizar que la tasa de crecimiento a largo plazo de la renta por trabajador aumente. Desde luego, el cumplimiento de este tipo de condiciones es solo posible en las economías desarrolladas, más no en los países pobres, cuyas tasas de crecimiento poblacional son altas y la productividad total de los factores es baja, incluso, es negativa en ciertos periodos. Precisamente, esta es la situación particular de Colombia.

En oposición al paradigma neoclásico dominante, los ambientalistas y ecologistas consideran que, por encima de los subsistemas económico y social, se halla el sistema natural que los contiene a los dos y que, por tanto, es receptor de energía y materiales. De acuerdo con este planteamiento, la naturaleza es la que fija los límites al crecimiento económico, siendo la tierra un factor productivo fijo no depreciable y los recursos naturales no renovables un recurso agotable por su extracción y uso.

Daly (1996) propone ante la imposibilidad del crecimiento ilimitado que, el mundo se adapte a una economía estacionaria (steady state economics). El modelo de economía de estado estacionario plantea la necesidad de articular el proceso económico a la capacidad de la biosfera, garantizando la satisfacción de las necesidades humanas básicas sin provocar daños ambientales al planeta. Aunque este modelo es deseable en términos ecológicos y de su sustentabilidad de la Tierra, el grave obstáculo a vencer es que, rivaliza fuertemente con el objetivo de pleno empleo defendido por la teoría keynesiana y las bondades del libre mercado fundamentadas en la catalaxia de Friedrich Hayek.

Si miramos en profundidad este tipo de obstáculos, el mundo se enfrenta a murallas casi imposibles de derrumbar debido a dos razones: a) la política económica contemporánea descansa en fundamentos y supuestos nekeynesianos, esto es, en el corto plazo las medidas que se implementan son de tradición keynesiana (medidas para estabilizar las fluctuaciones económicas), y a largo plazo, las medidas implementadas por un gobierno son de estirpe neoclásica (medidas que aseguran un crecimiento continuo coherente con el esquema de inflación objetivo adoptado por países con bancos centrales independientes y autónomos, tal como ocurre en Colombia); y b) el capitalismo es un sistema que necesita expandirse continuamente para sobrevivir, para ello, requiere, irremediablemente aumentar la producción de mercancías, incrementar la productividad y expandir la inversión con base en el ahorro.

Ahora bien, el modelo de economía de estado estacionario propuesto por Herman Daly plantea realizar cambios sustanciales en el sistema de cuentas nacionales. Este autor propone dividir la economía en dos flujos, así: i) flujo de reservas de personas y artefactos y ii) flujo material y energético, teniendo en cuenta que la economía es un sistema reproductivo abierto receptor de recursos materiales, por un lado, y fuentes de energía, por otro. Nótese que, en esta nueva forma de medir el desarrollo económico, la energía y los materiales son incorporados en el proceso económico formando así una suerte de flujo metabólico. Daly (1996) en este marco analítico, considera el principio termodinámico de la conservación de la materia y la energía, cuyo objeto de estudio fue abordado inicialmente por Boulding (1966), y posteriormente, perfeccionado por Georgescu-Roegen (1971).

Fíjense que, la economía de estado estacionario (en adelante, EEE) propuesta por Herman E. Daly es muy diferente al estado estacionario del modelo de crecimiento neoclásico de Robert M. Solow. En la tradición neoclásica, el estado estacionario es una condición en la que el capital por trabajador llega a un momento en el tiempo que deja de crecer para mantenerse constante, y el PIB por trabajador crece a la misma tasa del progreso tecnológico, es decir, el producto por trabajador deja de depender del número de máquinas por trabajador para supeditarse a la tasa de crecimiento poblacional y al buen o mal comportamiento del cambio técnico como variable exógena.

En el modelo neoclásico de crecimiento, las preferencias o gustos individuales son infinitas, por tanto, el progreso tecnológico es capaz de adecuar la producción para satisfacer dichas preferencias, incluso, es posible modificar las condiciones ambientales de la Tierra para lograr este cometido sin tener que sacrificar producción. En resumen, desde la perspectiva neoclásica, como se describirá en el siguiente capítulo, la tecnología es tan poderosa como para modificar el entorno de la producción, satisfacer plenamente al consumidor y garantizar la acumulación de capital de manera ininterrumpida.

En cambio, la EEE según Herman Daly no describe una economía estancada, pero sí una economía que debe dejar de crecer para garantizar el respeto por la vida. Dicho eso, la economía es un subsistema dentro de un gran sistema llamado ecosfera¹², la cual no se expande y está materialmente cerrada, es decir, permite la entrada de energía y materiales, pero está

12 Se define como un sistema ecológico que alberga los seres vivos, agua, aire y suelo. También es conocida como ecosfera planetaria formada por la geosfera, hidrosfera, biosfera, atmósfera y magnetosfera.

cerrada a la salida de residuos contaminantes. Si el subsistema económico crece, lo hará pero solo hasta los límites que le impone la ecosfera. Nótese que, el paradigma neoclásico dominante subraya que el crecimiento económico depende de las preferencias subjetivas individuales cambiantes e infinitas. La teoría económica ecológica puntualiza que, los límites al crecimiento los impone la ecosfera y, no las preferencias del consumidor y su elección racional, es decir, la economía solo puede crecer hasta cierto límite marcado por la capacidad biofísica del planeta. De ahí en adelante, la vida humana y no humana se vuelve insostenible, desembocando en las actuales patologías globales: degradación ecológica, pérdida de biodiversidad y calentamiento global.

La EEE busca según Daly (2000), limitar la producción por sus implicaciones medioambientales. Este autor agrega que, el acoplamiento entre el PIB y el bienestar es bastante laxo, o incluso inexistente. La EEE no es un sistema de acumulación sino de nivelación de la producción y la riqueza, es decir, una situación alejada de la codicia monopolística donde la producción deja de crecer y el arte de vivir bien se convierte en la prioridad. En suma, la EEE como propuesta decrecentista va en contravía de las ideas neoclásicas que argumenta que el mundo rico debe crecer continuamente para desarrollar mercados y ampliar las posibilidades de bienestar material al mundo pobre, como es habitual en el discurso del Banco Mundial.

La EEE propone que los países ricos reduzcan su crecimiento económico para liberar recursos y espacio ecológico para el bien de los pobres, y que el progreso tecnológico generado en occidente pueda ser compartido con el mundo en desarrollo como si se tratara de un bien común. Siguiendo a Daly (2000), la sociedad contemporánea se enfrenta a dos

formas de terror opuestas y, a la vez, contradictorias: “el miedo económico a que el crecimiento llegue a su final y el miedo ecológico a que no llegue” (p. 26). El primer terror según él, mantiene asustados a los economistas ortodoxos que defienden el aumento continuo de la tasa de crecimiento del PIB per cápita, y el segundo, es la pesadilla diaria que padecen los ecologistas que claman por una reducción sustancial de la producción y el consumo, así como también por justicia ambiental: gozar de aire limpio, agua potable, control de residuos, clima previsible, etc. En resumidas cuentas, la EEE es concebida por Daly (1996), como una alternativa de escape a esta intrincada paradoja.

6.3. Interacciones entre crecimiento económico y medio ambiente: la producción entrópica

Nicholas Georgescu-Roegen analizó la economía como un sistema abierto en oposición al sistema cerrado propuesto por la economía neoclásica. Este autor incorpora en el estudio de la economía el uso del tiempo histórico (tiempo evolutivo) en lugar del tiempo lógico (tiempo mecánico del reloj). El tiempo histórico es inherente a la evolución que distingue a los sistemas abiertos, siendo la economía un sistema abierto. Ahora bien, la economía según Georgescu-Roegen (1971) es un subsistema de la biosfera que interactúa con los subsistemas físico, biológico y social, y guarda relación directa con los contextos institucional e histórico. Para Nicholas Georgescu-Roegen, el tiempo histórico es el tiempo termodinámico, esto es, el tiempo de entropía que hace que los procesos sean simultáneamente irreversibles e irrevocables. Irreversible significa que, un sistema no puede volver a su estado inicial. Por ejemplo, el carbón convertido en cenizas en la caldera de una locomotora es imposible que

vuelva a ser carbón; e irrevocable significa que es solo posible que un sistema pueda pasar por el mismo estado una sola vez. En el ejemplo del carbón, este solo puede ser usado una sola vez como combustible para mover la caldera. Así pues, una vez transformado el carbón en cenizas, las cenizas no pueden ser reutilizadas para continuar generando energía, así las cenizas se transforman en desechos contaminantes imposible de ser destruidas.

Georgescu-Roegen (1971) rechaza la falacia reduccionista de la economía dominante que examina el sistema económico como algo estable, atemporal, reversible y mensurable. En la visión de la bioeconomía se incorpora la idea de cambio permanente y transformación cualitativa a causa de la consideración de la ley de la entropía y la evolución exosomática donde la irreversibilidad y la irrevocabilidad son determinantes en los procesos económicos. La ley de la entropía está relacionada con el hecho de que el calor se moviliza de los cuerpos más calientes hacia los más fríos. Este autor concibe el proceso de producción como un conjunto de flujos y fondos, siendo la producción un proceso continuo que se repite indefinidamente. Los flujos corresponden a los insumos (factores productivos) que se transforman en bienes y los fondos actúan como los agentes económicos (productores y consumidores).

Los fondos entran y salen en el proceso productivo, mientras que los flujos únicamente pueden entrar o salir al o del proceso productivo, es decir, en una sola dirección afectando la evolución biológica. De acuerdo con Figueroa (2013), en el modelo de Georgescu-Roegen el flujo de producción bruta (Q^*) que se genera en el periodo j emplea dos tipos de factores: el fondo de servicios de las existencias de capital (K) y la mano de obra (L) como se muestra en la ecuación (2). El flujo de insumos (N)

representado en la ecuación (3) proviene de la existencia de recursos naturales no renovables (S_0). Ahora bien, el flujo de producción bruta (Q^*) supone la diferencia entre las dos ecuaciones enunciadas, así: (2) – (3).

$$Q_j^* = f(K, L) \quad (2)$$

$$Q_j^* = (1/z) N_j, \text{ tal que } z > 0 \text{ y } \sum N_j \leq S_0, j = 1, 2, 3, 4, \dots, T \quad (3)$$

El sistema (2) - (3) según Figueroa (2013), representa un proceso de producción donde Q_j^* es el flujo de producto del periodo j y N_j es el flujo de recursos naturales no renovables empleados. La producción se repetirá indefinidamente, sí y solo si, las existencias de K y L permanecen constantes en el tiempo, y si el flujo de recursos naturales no renovables (S_0) está garantizado hasta su agotamiento.

El sistema de producción (2) - (3) supone el empleo de una tecnología de sustitución limitada, es decir, el capital (K) y el trabajo (L) no son factores intercambiables entre sí, o sea, los recursos naturales no renovables no son sustituibles por capital o por trabajo en forma absoluta. Ahora bien, los recursos naturales entran al proceso productivo en una proporción fija (z), agotándose más rápido o más lentamente dependiendo su tasa de extracción y uso. Siguiendo a Figueroa (2013), un nivel fijo de producción material no puede sostenerse a perpetuidad dada la limitada oferta de recursos naturales. Ante esta situación, parece factible la opción de reducir la producción para prolongar las existencias de los recursos naturales hasta que su agotamiento sea irrevocable. En definitiva, la producción y el consumo según Georgescu-Roegen (1971), no pueden crecer indefinidamente debido a las leyes de la termodinámica.

La primera ley de la termodinámica corresponde a la conservación de la materia y la energía. Nicholas Georgescu-Roegen ilustra esta situación con el ejemplo de una caldera de una antigua locomotora en la que, el calor de la combustión del carbón fluye a la caldera, y de esta a la atmósfera. La energía que se desprende del carbón hace que el tren se desplace de una estación a otra, pero a la par, el carbón convertido ahora en cenizas ha generado desechos. Si bien la cantidad de materia y energía disponible en la caldera se ha conservado, también es cierto que, la energía que mueve al tren es libre, pero poco a poco pierde calidad hasta transformarse en energía disipada, la cual no podrá salir de la biosfera por ser cerrada. La energía disipada a la que se refiere Georgescu-Roegen (1971), son los gases de efecto invernadero que viajan al espacio, pero quedan atrapados en la atmósfera haciendo que suba la temperatura media del planeta Tierra. Las cenizas son los residuos contaminantes que quedan del accionar de la locomotora como medio de transporte, imposibles de reutilizar como fuentes de energía para mover nuevamente el tren.

De acuerdo con la segunda ley de la termodinámica (ley de la entropía), si la energía disipada es casi total se padecería de una entropía alta, en caso contrario, la entropía sería baja y habría algunas soluciones. En palabras de Georgescu-Roegen (1971), la biosfera está afectada por una degradación cualitativa *continua e irrevocable* de energía libre en energía disipada. A esto se suman, los desechos como resultados irrevocables del proceso de producción que, a juicio de la primera ley de la termodinámica, no se pueden destruir ni reutilizar (solo recuérdese que, la materia y la energía se conservan, de ningún modo se destruyen). Volviendo al ejemplo de la caldera, las cenizas del carbón utilizado ya no pueden generar energía para hacer que el tren se mueva nuevamente (ahora solo son desechos inservibles y contaminantes).

Por efecto de la primera ley de la termodinámica, los recursos naturales se agotan conforme a su uso. y por efecto de la segunda ley, los residuos resultantes de la transformación de la materia contaminan el medio natural. Al respecto, Daly (1996) sostiene que, la producción de mercancías depende del medio ambiente por dos aspectos básicos, a saber: a) el medio natural es proveedor de recursos naturales (entropía baja); y b) el medio ambiente es también un reservorio de desechos contaminantes (entropía alta). En ese sentido, la biosfera impone límites al desempeño económico debido a la cantidad limitada de recursos naturales no renovables, por un lado y, por otro, a la limitada capacidad de la Tierra para absorber los desechos que producen contaminación del aire, agua y suelo. De acuerdo con esta última ley, el planeta Tierra se enfrenta a una imposibilidad de reciclaje absoluto y a una capacidad muy limitada de absorción de desechos, Es por ello que, los economistas ecológicos argumentan que, es prácticamente imposible mantener un crecimiento económico infinito en un planeta con recursos finitos.

En contraposición al enfoque de la entropía propuesto por Georgescu-Roegen (1971), está el paradigma neoclásico dominante según el cual, la producción nacional puede crecer indefinidamente, sin ser los recursos naturales no renovables una limitante (Solow, 1974). Dicho en otras palabras, los recursos naturales pueden ser ignorados (Barro & Sala-i- Martin, 2012) y la contaminación ambiental como externalidad negativa se resuelve mediante impuestos pigouvianos. En esa misma dirección, Lafforgue (2008) resalta el papel del progreso tecnológico en la sustituibilidad de recursos como solución al posible agotamiento de los recursos naturales no renovables, al afirmar que:

Está ampliamente aceptado que las reservas finitas de recursos naturales no renovables no imponen necesariamente un límite al crecimiento. En particular, de la teoría neoclásica se desprenden tres posibilidades principales: a) sustitución del recurso con otros insumos como el capital; b) incremento de la eficiencia del recurso; y c) desarrollo de tecnologías de apoyo. Sin cambios tecnológicos, sin embargo, ninguna de estas posibilidades permitirá compensar el agotamiento del recurso y continuar sosteniendo un crecimiento positivo a el largo plazo (p. 541).

Agregando a lo anterior, en el proceso de producción entrópico analizado por Georgescu-Roegen (1971), se admite una cierta sustitución entre fondos y flujos, dado que los recursos naturales no renovables son esenciales en el proceso productivo según las leyes de la termodinámica. De acuerdo con Figueroa (2013) en el modelo entrópico de producción, los efectos de sustitución entre recursos naturales y capital no eliminarán la frontera intergeneracional del consumo y el progreso tecnológico solo reducirán la tasa de velocidad de degradación ecológica, sin resolverla.

Solo resta decir que, si bien las predicciones del informe: Límites del crecimiento de Meadows et al (1972) y el modelo entrópico de Georgescu-Roegen (1971) a la fecha no se han cumplido completamente, es decir, el agotamiento de los recursos naturales no ha frenado el crecimiento económico, al menos en las economías desarrolladas. No obstante, la degradación ecológica y el cambio climático son realidades palpables que amenazan la vida. Los economistas ortodoxos prefieren ignorarla ya sea por omisión o por acción, adhiriéndose al paradigma neoclásico dominante, el cual centra sus esperanzas en el progreso tecnológico, en

el crecimiento de la productividad y en el control poblacional, asunto que será tratado con más detalle en el siguiente capítulo.

6.4. Variabilidad de la temperatura en Colombia

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en el último informe puesto a disposición del mundo en el año 2022 advierte que, en las próximas dos décadas la temperatura en el planeta se elevará en 1,5°C provocando graves desórdenes climáticos y daños irreversibles con afectación a todas regiones del mundo, sin excepción. El IPCC (2022) agrega que, los riesgos aumentarán rápidamente por cada décima de grado de calentamiento adicional, incrementando la vulnerabilidad de los riesgos climáticos. Aunque este informe recomienda avanzar en la adopción de medidas de adaptación climática para hacer frente a las sequías, también señala que algunos impactos provocados por el calentamiento del planeta han sido tan severos, que la adaptación parece ya no ser una solución viable, al menos, en algunas regiones. Aún más, este informe recomienda limitar el calentamiento global a 1,5°C, por eso, las emisiones globales de gases de efecto invernadero deberán alcanzar su punto máximo antes del año 2025 y mostrar una reducción de 43% en el año 2030. La predicción de emisiones de carbono para Colombia en el año 2030 muestra que, estas en lugar de reducirse, habrán aumentado en un 6,9% (se habrá pasado de 82,7 mtCO₂e en 2024 a 88,4 mtCO₂e en 2030), por tanto, el país no podrá cumplir la meta esta meta.

Colombia ocupó en el año 2024, el puesto 140 a nivel mundial y el sexto a nivel latinoamericano en 2022 en el ranking de países por emisiones de dióxido de carbono. De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones

y Absorciones Atmosféricas de Colombia: Gases de Efecto Invernadero 1990-2021 y Contaminantes Criterio y Carbono Negro 2010-2021 elaborado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) del país como parte de los compromisos adquiridos en el Acuerdo de París celebrado en 2015, establece una emisión máxima 169.440 kt CO₂eq, es decir, una reducción de 51% de las emisiones de GEI en el año 2030 y una disminución de 40% en las emisiones de carbono negro en el mismo año. Se estima que, una quinta parte del PIB de Colombia proviene de los sectores mayormente generadores de GEI, tales como: ganadería, transporte terrestre, procesos agroindustriales, etc. (IDEAM, 2024).

El Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Atmosféricas de Colombia recoge información de los contaminantes que se enumeran a continuación: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), perfluorocarbonos (PFC), hidrofluorocarbonos (HFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆), material particulado (PM₁₀ y PM_{2,5}), carbono negro (CN), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y compuestos orgánicos volátiles distintos al metano (IDEAM, 2024). Las emisiones netas en Colombia en el año 2021 fueron de 280.101,98 kt CO₂ eq, con un total de emisiones de 302.934,03 kt CO₂ eq¹³ y 22.832,04 kt CO₂ eq de absorciones a través de sumideros naturales, tales como: océanos, bosques, suelos y pastizales o praderas (ver anexo 3). En el caso colombiano, el 21,3% de las absorciones corresponde a pastizales que permanecen como tales, el 0,08% a asentamientos que permanecen como tales, el 32,6% a plantaciones forestales que permanecen como tierras forestales, el 5,94% a cultivos

13 kilotoneladas de CO₂ equivalente (ktCO₂ eq)

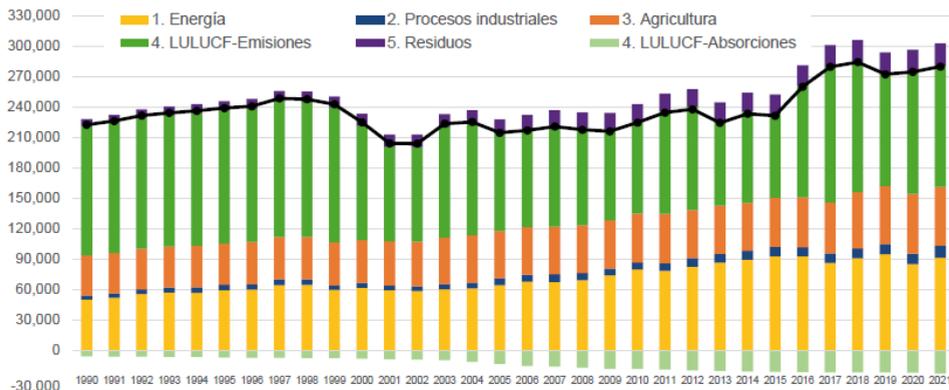
convertidos en tierras forestales, el 14,6% al cultivo de café y el 7,8% a palma de aceite. De ahí, la importancia de conservar la Amazonía y detener la deforestación indiscriminada para aumentar la capacidad de absorción de GEI, la cual en 2021 fue de 7,5%.

De conformidad con el inventario de gases de efecto invernadero y carbono negro, de las 280.101,98 kt CO₂ eq de GEI emitidas por Colombia en el año 2021, el 66,6% corresponde a dióxido de carbono (CO₂), el 27,04% a metano (CH₄), el 4,8% a óxido nitroso (N₂O), el 1,5% a hidrofluorocarbonos (HFC) y el 0,07% a hexafluoruro de azufre (SF₆). Ahora bien, el 34,5 % de las emisiones netas se generan en el sector LULUCF (silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra), el 32,7% en energía (transporte, industrias de la energía relacionadas con actividades de producción de electricidad e industrias manufactureras y de construcción: transporte con 13,9%, industrias manufactureras y construcción con 4,5%, industrias de la energía con 6,5% y otros con 5,4%), el 20,7 % en agricultura, 7,9% en residuos (disposición final de residuos sólidos y líquidos) y 4,2% en IPPU (procesos industriales y uso de productos)

El inventario de emisiones de carbono (IDEAM, 2024) señala que, las emisiones netas de CO₂ equivalente presentan ligeras variaciones, esto es, tienden a estabilizarse en el tiempo como se muestra en las figuras 7, 8 y 9 (esto ocurre porque el periodo tomado es muy corto). Ahora bien, la estabilidad o el declive de las emisiones de gases contaminantes dependerá de la disciplina del país en el cumplimiento del Acuerdo de París y demás normas nacionales e internacionales que se desarrollen.

Figura 7.

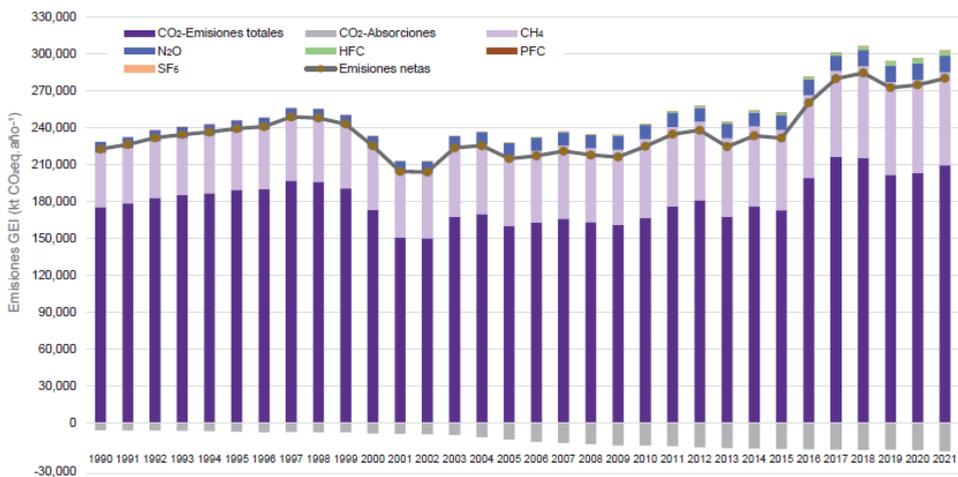
Tendencia de las emisiones de GEI por módulo en Colombia 1990-2021



Fuente: IDEAM (2024, p. 30)

Figura 8.

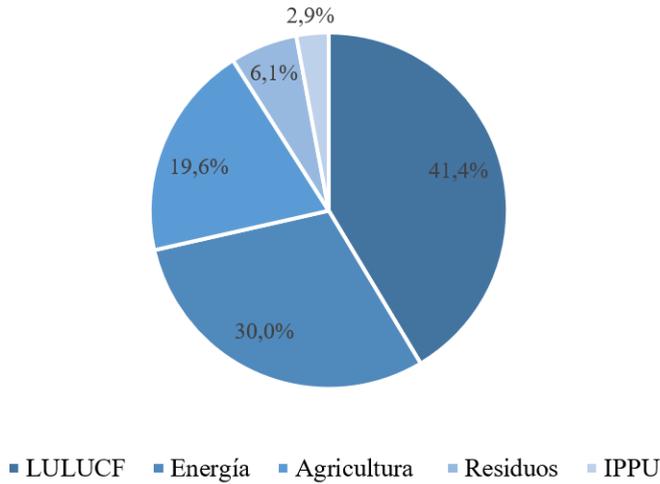
Tendencia de las emisiones totales de GEI en Colombia 1990-2021



Fuente: IDEAM (2024, p. 31)

Figura 9.

Participación promedio histórica en las emisiones de GEI por módulo en Colombia 1990-2021.

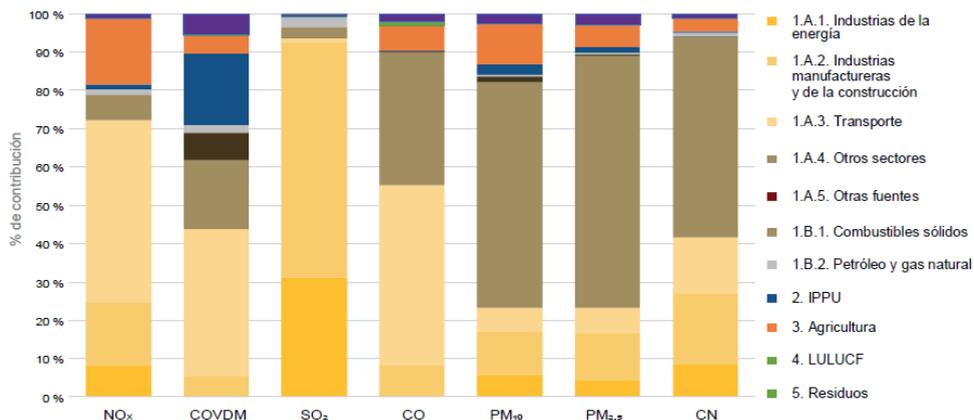


Fuente: IDEAM (2024)

Según el IDEAM (2024), el sector de energía es responsable del 70% de las emisiones de gases contaminantes atmosféricos, el transporte emite más de 50% de óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM) y monóxido de carbono (CO) y las actividades de combustión que corresponden al sector residencial, emiten CO, material particulado (PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$) y carbono negro (CN). Por su parte, el sector de IPPU emite el 18,6 % de compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano. Las emisiones de NO_x , SO_2 , PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$ y CN provienen del sector de energía (80% a 99%), mientras que el sector de agricultura contribuye en menor proporción entre el 3% y 16%, como se muestran en la figura 10 y en el anexo 4.

Figura 10.

Contribución sectorial en las emisiones de contaminantes, criterio y carbono negro en Colombia, 2021.



Fuente: IDEAM (2024, p. 51)

6.5. Crecimiento económico versus estabilidad climática: ¿Qué le conviene a Colombia?

El Ministerio de Medio Ambiente mediante el Decreto 1076 de 2015 señala que, la contaminación atmosférica es el resultado de actividades humanas, causas naturales o, de una combinación de las dos. Por su parte, Naciones Unidas al referirse al calentamiento de la Tierra hace alusión a los cambios de temperatura y patrones meteorológicos ocurridos a largo plazo, pero advierte que, aunque algunas de estas modificaciones tienen origen natural, el cambio climático es causado por las actividades humanas. Entre las actividades cuestionadas se enumeran: la quema de combustibles fósiles, las exploraciones petrolíferas, las actividades agrícolas, la contaminación por desechos sólidos y líquidos y la deforestación.

Por su parte, la Organización de Naciones Unidas (ONU) no afirma abiertamente que, el crecimiento económico sea el causante directo del cambio climático, sin embargo, vale decir que, muchas de las actividades humanas causantes del efecto invernadero guardan relación indirecta con la producción material. En la discusión académica sobre el calentamiento del planeta en las últimas décadas se suele decir que, el crecimiento económico es la causa directa del calentamiento global. En ese sentido, el discurso de los economistas ecológicos y de los activistas ambientales es resolver el problema, vía reducción de la producción y el consumo, es decir, haciendo que la economía pierda capacidad productiva. En estos términos, el decrecimiento parece ser la solución más expedita para disminuir el calentamiento de la atmósfera, aunque esta no es la mejor solución.

La discusión académica y científica que se suscita acerca de la existencia de una relación entre crecimiento económico y calentamiento del planeta de carácter bidireccional (en dos direcciones) es objeto de demostración empírica en este libro. Enseguida haremos un ejercicio para el caso colombiano usando un par de modelos econométricos sencillos pero sumamente valiosos. Antes de proseguir con el componente empírico no sobra recordar que, en el fenómeno del cambio climático coexisten causas naturales y antrópicas que hacen que la temperatura de la atmósfera aumente y se produzcan distintos desórdenes del clima, por ejemplo, las sequías que afectan el suministro de agua y ocasionan pérdidas de cosechas, los regímenes de precipitación o lluvias que provocan inundaciones, el excesivo calor que induce deshielo de los glaciares y al incremento del nivel de los océanos, etc.

Del mismo modo, la evidencia científica a la fecha concluye que, la quema de combustibles fósiles, la contaminación, la deforestación y otras

tantas actividades humanas productivas y no productivas, liberan gases de efecto invernadero y carbono negro que actúan como una pantalla, no permitiendo que dichos gases puedan salir al espacio en su totalidad. Este proceso químico hace que la atmósfera se caliente más de lo normal. Así pues, es racional probar dos posibles relaciones causales: la primera en la que el crecimiento económico medido a través del PIB real es la causa de las emisiones de dióxido de carbono¹⁴, y a su vez, las emisiones de dióxido de carbono explican las variaciones de temperatura en la atmósfera medida en grados centígrados; y la segunda consiste en especificar que, las emisiones de carbono afectan el crecimiento económico, y que a su vez, las emisiones de carbono también explican las variaciones de la temperatura media. El trabajo que sigue es, pues, estimar los modelos y probar las hipótesis subyacentes.

Según cifras del Banco Mundial, en promedio un colombiano emite al año 1,6 toneladas de CO₂, cifra que se ubica por debajo del promedio mundial de 4,47 CO₂ t per cápita, de la Unión Europea con 6,4 CO₂ t per cápita, de Estados Unidos con 15,2 CO₂ t per cápita, de América Latina y el Caribe con 2,6 CO₂ t per cápita, entre otros. De acuerdo con las estadísticas de la CEPAL, América Latina en el periodo 1990-2024 fue responsable del 5,03% en promedio de las emisiones de dióxido de carbono a nivel mundial y, Colombia, del 0,24% de las emisiones mundiales y del 1,14% de las emisiones a nivel latinoamericano. De igual modo, las emisiones de carbono en Colombia representan el 14,7% del PIB, es decir, una séptima parte de la producción nacional. Estos datos dan cuenta de la importancia de las emisiones de gases contaminantes atmosféricos (ver tabla 9).

14 Para efectos prácticos en esta investigación, en el dióxido de carbono se incluyen los GEI y el carbono negro como contaminantes atmosféricos, por tanto, solo se mencionará, de aquí en adelante, el término CO₂.

Tabla 9. Emisiones de dióxido de carbono (millones de toneladas equivalentes - mtCO₂e) 1990-2024

Año	Mundo	América Latina (AL)	Colombia	Emisiones CO ₂ % PIB*	Energía	Procesos industriales	Agricultura	Desechos	Emisiones AL/Mundo (%)	Emisiones Colombia/Mundo (%)	Emisiones Colombia/AL (%)
1990	21.284,0	890,4	49,4	18,9	57,2	3,0	58,0	9,1	4,18	0,23	2,12
1991	21.440,5	916,3	51,1	19,1	58,5	3,0	57,6	9,5	4,27	0,24	2,09
1992	21.390,0	932,2	53,2	19,2	60,8	3,2	58,1	9,8	4,36	0,25	2,05
1993	21.531,8	957,7	56,7	19,3	64,1	3,6	59,0	10,2	4,45	0,26	2,01
1994	21.676,9	1.001,7	57,5	18,6	64,9	4,3	60,0	10,5	4,62	0,27	1,86
1995	22.299,2	1.025,9	60,0	18,5	69,4	4,3	59,9	10,7	4,60	0,27	1,80
1996	22.779,0	1.094,7	59,3	17,9	69,6	4,3	60,2	10,9	4,81	0,26	1,63
1997	23.202,6	1.163,8	64,8	18,9	76,0	4,6	59,5	11,0	5,02	0,28	1,62
1998	23.365,6	1.211,4	65,1	18,9	77,3	4,7	60,1	11,2	5,18	0,28	1,56
1999	23.530,4	1.204,6	55,9	16,9	69,0	3,9	57,7	11,4	5,12	0,24	1,40
2000	24.280,3	1.244,9	59,0	17,3	71,5	4,6	58,5	11,5	5,13	0,24	1,39
2001	24.644,4	1.249,6	59,6	17,2	72,8	4,7	59,8	11,8	5,07	0,24	1,38
2002	24.989,5	1.254,5	57,4	16,2	69,6	4,9	60,0	12,1	5,02	0,23	1,29
2003	26.133,4	1.275,0	56,7	15,4	70,0	5,4	61,6	12,4	4,88	0,22	1,21
2004	27.331,9	1.331,9	56,6	14,6	70,1	5,7	62,4	12,7	4,87	0,21	1,10
2005	28.371,8	1.376,4	58,2	14,3	71,7	6,4	62,0	12,9	4,85	0,21	1,04
2006	29.308,2	1.418,3	58,2	13,0	71,2	6,7	61,7	13,2	4,84	0,20	0,92
2007	30.419,0	1.464,9	59,7	12,7	73,6	7,4	64,1	13,5	4,82	0,20	0,86
2008	30.632,3	1.508,5	60,3	12,3	75,1	7,6	63,9	13,9	4,92	0,20	0,81

2009	30.238,1	1.468,7	62,7	12,8	79,5	7,4	63,5	14,2	4,86	0,21	0,87
2010	32.095,9	1.570,6	64,2	12,4	81,8	7,9	65,2	14,5	4,89	0,20	0,79
2011	33.079,7	1.635,0	69,8	12,6	90,0	8,8	61,2	14,9	4,94	0,21	0,77
2012	33.460,1	1.707,7	70,2	12,2	91,4	9,6	57,4	15,2	5,10	0,21	0,72
2013	34.119,9	1.752,2	77,7	13,2	101,7	9,7	56,3	15,5	5,14	0,23	0,75
2014	34.261,4	1.761,0	80,1	13,0	103,9	10,6	56,5	15,9	5,14	0,23	0,74
2015	34.070,2	1.750,7	81,0	12,9	104,6	11,2	54,2	16,2	5,14	0,24	0,74
2016	34.145,7	1.710,2	83,5	12,9	106,3	11,4	55,9	16,5	5,01	0,24	0,76
2017	34.687,8	1.686,0	75,7	11,6	97,9	11,7	59,0	16,8	4,86	0,22	0,69
2018	35.560,6	1.633,6	79,4	11,8	100,7	12,2	62,9	17,1	4,59	0,22	0,72
2019	35.477,3	1.620,7	79,2	11,4	100,4	12,9	65,2	17,4	4,57	0,22	0,70
2020	33.566,0	1.438,1	79,1	11,2	91,3	12,8	67,9	17,7	4,28	0,24	0,78
2021	28.173,0	1.824,2	79,8	12,1	98,6	13,9	69,2	18,0	6,48	0,28	0,67
2022	28.173,0	1.853,0	80,8	11,7	104,0	13,0	62,7	18,0	6,58	0,29	0,63
2023	28.173,0	1.881,8	81,7	11,9	105,5	13,4	62,9	18,3	6,68	0,29	0,63
2024	28.173,0	1.910,7	82,7	11,8	107,0	13,7	63,0	18,6	6,78	0,29	0,62
Media	28.173,3	1.420,8	66,5	14,7	82,2	7,8	60,8	13,8	5,03	0,24	1,14
2030	42.137,3	2.083,6	88,4	11,9	106,2	13,6	62,9	18,5	6,73	0,21	0,57
2050	53.308,7	2.660,0	107,5	11,8	106,6	13,6	63,0	18,5	6,76	0,20	0,44
2100	81.237,2	4.100,9	155,2	11,8	106,4	13,6	63,0	18,5	6,74	0,19	0,29

Las emisiones de dióxido de carbono están medidas en millones de toneladas equivalentes - mtCO₂e)

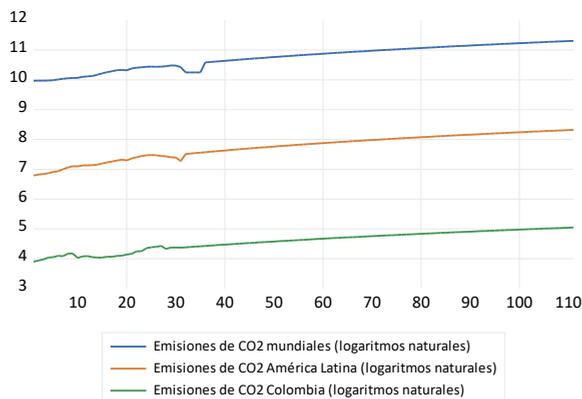
*Toneladas de CO₂ por cada millón de dólares de PIB

Fuente: elaboración propia a partir de datos del sistema de cuentas nacionales (DANE), bases de datos de temperatura (IDEAM), bases de datos emisiones de gases contaminantes CEPALSTAT.

En la figura 11 se observa un leve crecimiento de las emisiones de gases contaminantes con el paso del tiempo, mientras que en la figura 12(a) se indica que, a partir del año 2038 en adelante, las tasas de crecimiento anuales de las emisiones de carbono a nivel mundial, en América Latina y en Colombia se estabilizarán con cierta tendencia a la baja, como resultado de los avances en el cumplimiento de los compromisos establecidos en el Acuerdo de París. Se recuerda que Colombia se ha comprometido con la reducción de los GEI en un 51% en el año 2030 y la carbono-neutralidad en el año 2050. En la figura 12(b) se puede ver que, en el periodo 1990-2024 las tasas de crecimiento anuales de emisiones de carbono y producto nacional real han sido volátiles, pero a partir del año 2025 se estabilizarán con cierta tendencia al decrecimiento hacia el año 2050. Esta predicción será una realidad, siempre y cuando los gobiernos, las empresas y las organizaciones de la sociedad civil cumplan con las metas establecidas en el ODS # 13 y honren los compromisos del Acuerdo de París.

Figura 11.

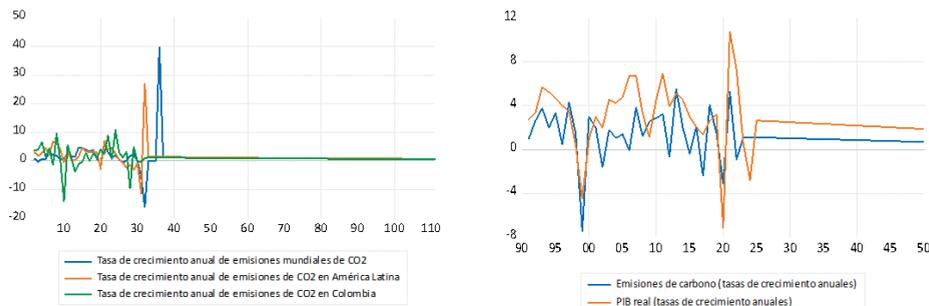
Emisiones de dióxido de carbono (millones de toneladas equivalentes (mtCO₂e) 1990-2024 y proyección 2025-2100.



Fuente: elaboración propia.

Figura 12.

Tasa de crecimiento anual de emisiones de dióxido de carbono en Colombia 1990-2024 y proyección 2025 – 2100.



Panel a. Tasas de crecimiento de emisiones de CO₂ a nivel mundial, América Latina y Colombia 1990-2024 y proyección 2025-2100

Panel b. Tasas de crecimiento de emisiones de CO₂ y PIB real 1990-2024 y proyección 2025-2050

Fuente: elaboración propia.

Ahora, examinaremos el comportamiento de las emisiones de carbono en tres momentos históricos clave: años 2030, 2050 y 2100. La información de la tabla 10 señala que, las emisiones a nivel mundial, regional y nacional disminuirán de forma considerable a partir del año 2030 con resultados más satisfactorios al final del año 2100. Nótese que, las predicciones son solo pronósticos basadas en las tendencias; sin embargo, en términos prácticos, la voluntad humana puede provocar rupturas favorables que hagan que el futuro sea distinto al pasado. En el tema que nos ocupa, las rupturas pueden provenir de las políticas públicas y de las acciones que en cada país se emprenda para cumplir los compromisos pactados a nivel internacional. Es por esto que, ningún futuro es posible, si este no forma parte de la voluntad y de la acción humana de los tomadores de decisiones.

Tabla 10. Emisiones de dióxido de carbono a nivel mundial, en América Latina y en Colombia 2020-2024 y proyección 2030-2100.

Año	Mundo*	TCAM mundo (%)	América Latina (AL)*	Part. AL/ Mundo (%)	TCAM AL (%)	Colombia*	Part. Col/ Mundo (%)	Part. Col/ AL (%)	TCAM Colombia (%)
2020	33.566,0	-	1.438,1	4,3	-	79,1	0,2	5,5	-
2024	38.785,8	2,9	1.910,7	4,9	5,8	82,7	0,2	4,3	0,9
2030	42.137,3	1,2	2.083,6	4,9	1,2	88,4	0,2	4,2	1,0
2050	53.308,7	1,1	2.660,0	5,0	1,2	45,0	0,1	1,7	0,9
2100	81.237,2	0,8	4.100,9	5,0	0,9	95,0	0,1	2,3	0,7

*Las emisiones de GEI están medidas en millones de toneladas equivalentes de dióxido de carbono (mtCO₂e). Las emisiones de CO₂ en el periodo 1990-2021 corresponden a datos históricos de la base de emisiones contaminantes de la CEPAL. Los datos 2021-2024, años 2030, 2050 y 2100 corresponden a proyecciones del autor.

TCAM: Tasa de crecimiento anual media

Modelos de proyección lineales utilizados: Mundo: CO₂ = 28173 + 558,57*tiempo, América Latina: CO₂ = 1363,1 + 28,819*tiempo y Colombia: CO₂ = 64,551 + 0,9545*tiempo

Fuente: elaboración propia.

Los economistas ecológicos temen que, el ritmo de crecimiento económico a nivel mundial pueda producir un colapso ambiental de tal magnitud que, la especie humana pueda extinguirse del planeta. No se descarta este fatídico hecho, si las naciones industrializadas no honran sus compromisos. En el caso colombiano, la evidencia empírica muestra que las emisiones de carbono explican parte del crecimiento económico. Por cierto, los estadísticos de la tabla 11 calculados para el periodo histórico 1990-2024 y el periodo proyectado 2025-2050, muestran que, las emisiones de carbono en el país tienden a disminuir, por tanto, el PIB real también tiende a reducirse. Por ejemplo, la tasa de crecimiento promedio de emisiones de carbono podría disminuir de 1,4% a 0,9% en el periodo 2025-2050, y la tasa de crecimiento del PIB real podría caer de 3,2% a 2,3%. Si, efectivamente esto ocurriera, el empleo caería y el desempleo subiría de acuerdo con lo predicho por ley de Okun (1962).

Tabla 11. Estadísticos de las tasas de crecimiento anual de emisiones de CO₂ y PIB real en Colombia 1990-204 y proyección 2025-2050.

Estadístico	1990 - 2024		2025 - 2050	
	CO ₂ (%)	PIB real (%)	CO ₂ (%)	PIB real (%)
Media	1,4	3,2	0,9	2,3
Mediana	1,7	3,4	0,9	2,3
Máximo	5,5	10,8	1,1	2,6
Mínimo	-7,5	-7,2	0,7	1,9
Rango	-1,9	3,6	0,4	0,8
Desviación estándar	2,6	3,4	0,1	0,2

Fuente: elaboración propia.

Recuérdese lo dicho en el tercer capítulo, al referirnos a la aplicación de la ley de Okun en el caso colombiano. Si el producto nacional real en Colombia crece en un punto porcentual, entonces el desempleo disminuirá

en 0,33 puntos porcentuales y viceversa. Como el escenario descrito en la tabla 10 predice una caída del PIB real de 0,9%, de hecho en este mismo escenario, el desempleo aumentaría en 0,33%. Este es un ejemplo de las implicaciones económicas que tendrías las medidas de tipo decrecentistas en el país. A esto, agréguese que, el desempeño de la producción nacional en Colombia en los últimos tres años ha sido mediocre. Por ejemplo, la economía colombiana en 2022 solo creció a una tasa anual de 2,2%, 0,4% en 2023, 2,3% en 2024 y un pronóstico de crecimiento en 2025 de 2,6%. Así pues, el ritmo de crecimiento actual en el país es insuficiente para combatir el desempleo y la informalidad laboral.

De antemano, la tasa de crecimiento a largo plazo del PIB real en Colombia entre 1990-2024 es de 3,3%, un punto porcentual por encima de la tasa proyectada para el periodo 2025-2050. En este nuevo panorama, el problema ya no sería el crecimiento económico, sino la baja capacidad de la economía colombiana para crear puestos de trabajo. Ahora bien, la solución no estaría en el decrecimiento económico como los economistas ecologistas lo invocan, sino en sustituir las fuentes de energía, es decir, pasar de fuentes contaminantes a fuentes limpias y renovables. Claro está que, este tipo de iniciativas requieren de grandes inversiones y plazos largos para su concreción, pero por algo hay que comenzar.

6.6. Qué nos dicen los datos

Antes de dar lugar a la descripción de los modelos que recogen las relaciones causales entre crecimiento económico y emisiones de carbono, y entre estas últimas y la temperatura media, es necesario analizar las medidas de posición central de las variables incorporadas en el modelamiento. Hecha esta salvedad, en los estadísticos de la tabla 12 se han

incluidos los valores máximos y mínimos de cada variable medida en tasas de crecimiento anual, a excepción, de la temperatura media que se calcula en grados centígrados. Los valores máximos y mínimos permiten calcular el rango, el cual aporta información de qué tan alejados o juntos están los datos en cada distribución. Por ejemplo, en las variables de interés encontramos valores máximos positivos y valores mínimos negativos con rangos positivos en el PIB real, PIB real per cápita, emisiones de carbono en el sector energía y en el sector de procesos industriales; en cambio, las demás variables conservan rangos negativos.

Tabla 12. Estadísticos de las variables incorporadas a los modelos analizados

Estadístico	PIB real	PIB real perc	CO ₂ total	CO ₂ hab	CO ₂ energ	CO ₂ procindus	TMED
Media	3,19	1,76	1,40	0,22	1,98	4,80	0,03
Mediana	3,44	1,94	1,65	0,07	1,89	4,48	0,06
Máximo	10,80	9,56	5,53	9,87	11,21	17,03	0,76
Mínimo	-7,19	-8,14	-7,43	-15,88	-10,82	-16,35	-1,00
Rango	3,62	1,43	-1,90	-6,01	0,39	0,68	-0,23
Δ máximo	3,53	1,93	1,48	0,24	2,20	5,56	0,03
Δ mínimo	2,96	1,62	1,30	0,19	1,77	4,02	0,03

PIB: Tasa de crecimiento anual del Producto Interno Bruto real; PIB perc: Tasa de crecimiento anual del Producto Interno Bruto per cápita real; CO₂ total: Tasa de crecimiento anual de emisiones totales de dióxido de carbono (millones de toneladas equivalentes - mtCO₂e); CO₂ hab: Tasa de crecimiento anual de emisiones totales de dióxido de carbono por habitante (millones de toneladas equivalentes (mtCO₂e)); CO₂ energ: Tasa de crecimiento anual de emisiones totales de dióxido de carbono del sector energía (millones de toneladas equivalentes - mtCO₂e); CO₂ procindus: Tasa de crecimiento anual de emisiones totales de dióxido de carbono del sector procesos industriales (millones de toneladas equivalentes - mtCO₂e); TMED: Tasa de variación anual de la temperatura media expresada en grados centígrados (°C); Δ máximo: Crecimiento máximo de la variable en cuestión; Δ mínimo: Crecimiento mínimo de la variable en cuestión.

Fuente: elaboración propia a partir de datos del sistema de cuentas nacionales (DANE), bases de datos de temperatura (IDEAM), bases de datos emisiones de gases contaminantes CEPALSTAT.

En cuanto a los valores de los rangos se observa que, en el periodo 1990-2024 la tasa de crecimiento anual del PIB real toma un valor de rango de 3,62%, al igual que valor máximo de 10,80% y un valor mínimo de -7,19%, es decir, la tasa de crecimiento anual del PIB real durante tres décadas se movió en ese intervalo. Ahora, si la tasa de crecimiento anual del PIB real creciera a su valor máximo de 10,80%, la tasa de crecimiento del PIB real alcanzaría un valor máximo de 3,53%, en cambio, si el PIB creciera a una tasa negativa de -7,19%, la tasa de crecimiento del PIB real alcanzaría un valor mínimo de 2,96%. Resumiendo lo anterior, la tasa de crecimiento anual del PIB real en el periodo 1990-2024 fluctuó entre 2,96% y 3,53%. Si el futuro se pareciera al pasado como los métodos estadísticos lo intentan hacer ver, se diría que la tasa de crecimiento del producto nacional real de Colombia podría oscilar entre 3,0% y 3,6%, que es en verdad, el valor que toma el crecimiento económico a largo plazo (PIB potencial).

Si el ejercicio analítico anterior se replicara para las demás variables de la tabla 11, la conclusión a la que se llegaría es que, las emisiones de carbono totales y por habitante tienden a decrecer y la temperatura media tiende a estabilizarse, aunque en el periodo analizado la variación anual de la temperatura ha estado muy por debajo de un grado centígrado. Pero eso no significa que, las cosas estén bien. El calentamiento global no es generado por un solo país o por un solo pueblo, es el efecto de lo ocurrido en la totalidad de países. Tampoco lo sucedido hasta ahora en Colombia debe ser interpretado como caótico en el marco de la evidencia empírica aportada en este libro.

6.7. Modelación econométrica: mostrando evidencia empírica

Por lo general, los modelos que pretenden articular variables económicas y climáticas asocian las emisiones de gases contaminantes atmosféricos a la evolución del PIB, al crecimiento de la población, el progreso tecnológico, la innovación; incluso, incorporan variables socioculturales (Galindo et al., 2014). En el caso que nos ocupa, solo se toman las emisiones de dióxido de carbono totales, por habitante, de los sectores de energía y procesos industriales para luego relacionarlas con el PIB real, el PIB real per cápita y la temperatura media.

En la tabla 12 se muestran los resultados de seis modelos que superaron previamente los test econométricos y que, por lo tanto, que permiten establecer relaciones de causalidad. Por ejemplo, entre las emisiones de carbono y el PIB real, entre las emisiones de carbono por habitante y el PIB per cápita, entre las emisiones de carbono del sector energía y el PIB real, entre el PIB real y las emisiones de carbono del sector energía, entre las emisiones de carbono del sector procesos industriales y el PIB real; y finalmente, entre las emisiones de carbono y la temperatura media.

Tabla 13. Modelos lineales estimados

Validez de los modelos	Variable dependiente	Variable explicativa	Constante	Coefficiente	Obs.	Media var. dep.	R ² (%)	R ² ajust (%)	Coef. Corr. (%)	Durbin-Watson
Ecuación (2)	PIB real	Emisiones de CO ₂	2,0756	0,793	34	3,19	36,1	34,1	60,1	1,699165
			0,536923	0,186585						
			0,0005	0,0002						
tcPIB real = 2,0756 + 0,793*tcCO ₂										
Ecuación (3)	PIB real per cápita	Emisiones de CO ₂ habit.	1,6949	0,301	34	1,76	17,3	14,7	41,5	1,886017
			0,531949	0,116535						
tcPIB real perc = 1,6949 + 0,301*tcCO ₂ hab.										
Ecuación (4)	PIB real	Emisiones de CO ₂ energía	2,2806	0,461	34	3,19	43,1	41,3	65,6	1,677755
			0,479169	0,093551						
			0,0000	0,0000						
tcPIB real = 2,2806 + 0,461*tcCO ₂ energía										
Ecuación (5)										

Ecuación (5)	Emissiones de CO ₂ energía	PIB real	-1,0126	0,936	34	1,97	43,1	65,6	2,121296
	Errores estándar		0,874513	0,190095					
	P-valores		0,2555	0,0000					
tcCO2 energía = -1,0126 + 0,936*tcPIB real									
Ecuación (6)	PIB real	Emissiones de CO ₂ procesos industriales	2,0246	0,242	34	3,19	21,9	46,8	1,819827
	Errores estándar		0,647681	0,080980					
	P-valores		0,0038	0,0053					
tcPIB real = 2,0246 + 0,242*tcCO ₂ procesos industriales									
Ecuación (7)	Temperatura media	Emissiones de CO ₂	-0,0406	0,051	34	0,031	12,2	34,9	1,771584
	Errores estándar		0,069646	0,024202					
	P-valores		0,5642	0,0429					
Temp. media = -0,0406 + 0,051*tcCO ₂									

Las variables dependientes y explicativas están expresadas en tasas de crecimiento anual, a excepción, de la variable “temperatura media”, expresada en tasa de variación en grados centígrados. Las emisiones de carbono están medidas en millones de toneladas de dióxido de carbono equivalentes (mtCO₂e).

Fuente: elaboración propia.

Modelo 1. Relación causal entre emisiones de dióxido de carbono y el producto nacional real

Teniendo en cuenta que, el test de causalidad de Granger establece una relación bidireccional entre el producto nacional real y las emisiones de dióxido de carbono. Ahora probaremos el modelo 1, en el cual el PIB real es determinado por las emisiones de carbono. Como la variable explicativa emisiones de carbono (CO_2) tiene signo positivo se concluye que, si la tasa de crecimiento anual de las emisiones de carbono aumenta, entonces la tasa de crecimiento del PIB real también aumentará y viceversa.

El primer modelo descrito en la ecuación (2) permite regresar las emisiones de dióxido de carbono expresadas en tasa de crecimiento anual contra el PIB real expresado en tasa de crecimiento anual. De este modelo se destaca que, las emisiones contaminantes medidas en millones de toneladas equivalentes de dióxido de carbono ($\text{mt CO}_2 \text{ eq}$), explican en un 36,1% las variaciones de la tasa media de crecimiento del PIB real en Colombia con un coeficiente de correlación entre estas dos variables de 60,1%. Los resultados obtenidos de los coeficientes de determinación convencional y ajustado, así como el coeficiente de correlación sugieren que, la relación entre las emisiones de GEI y carbono negro y producto nacional es fuerte, pues, más de una tercera parte de la tasa de crecimiento del producto nacional es explicado por las emisiones de gases contaminantes.

Este hallazgo es lógico por dos razones básicas, a saber: por un lado, la literatura económica describe que los determinantes próximos del crecimiento económico son la acumulación de capital físico y trabajo; además, del cambio tecnológico que actúa como factor exógeno (Solow, 1956) y, por otra, las leyes de la termodinámica de Georgescu-Roegen

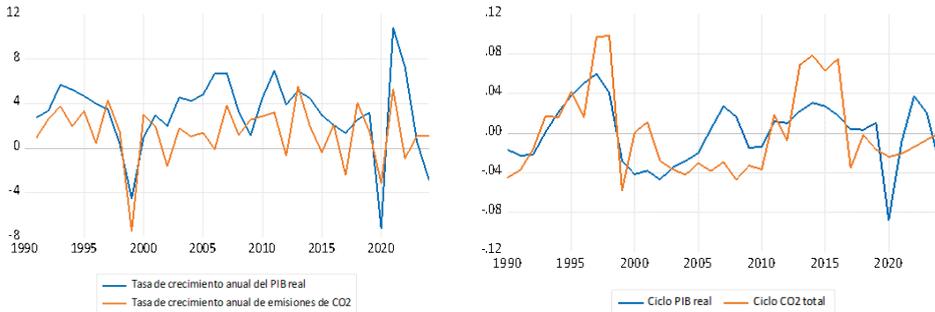
(1971) que describen el vínculo entre el desempeño económico y medio ambiente a través de la materia y la energía. A esto se suman, los factores fundamentales en la explicación del crecimiento económico, tales como: la calidad y efectividad de las instituciones, la seguridad nacional, la seguridad jurídica, el sistema legal, la efectividad de las políticas económicas, la independencia y autonomía de los bancos centrales, solo para citar las más importantes.

Agregando a lo anterior, la ecuación (2) sugiere que, si la tasa de crecimiento anual de las emisiones de dióxido de carbono en Colombia aumenta en un punto porcentual, entonces la tasa de crecimiento del PIB real se incrementará en 0,79 puntos porcentuales en el valor medio de la variable dependiente *ceteris paribus*. Como la tasa media de crecimiento del producto nacional real en el periodo 1991-2024 fue de 3,2%, un aumento de las emisiones de CO₂ en un punto porcentual hará que, la tasa de crecimiento anual del PIB suba de 3,19% a 3,20% ($3,19\% + \% = 3,20\%$).

Nótese en la figura 13(a) que, el producto nacional real crece por encima de las emisiones de carbono, aunque las dos tasas viajan casi paralelamente, esto es, el crecimiento económico colombiano depende de los recursos naturales y de las fuentes de energía para la producción de bienes y servicios. Por ejemplo, la actividad económica del transporte responsable del 13,92% de la emisión de GEI en el país en 2021, depende de la quema de petróleo y de gas natural. La figura 13(b) muestra una relación estrecha entre las fluctuaciones cíclicas de las emisiones de carbono y el ciclo del producto nacional real, lo cual sugiere que, las emisiones de carbono guardan una relación más o menos estrecha con el crecimiento económico.

Figura 13.

Crecimiento económico y emisiones de carbono en Colombia 1990-2024



Panel a. Producto nacional real y emisiones de carbono en tasas de crecimiento anuales

Panel b. Fluctuaciones cíclicas del producto nacional real y emisiones de carbono

Fuente: elaboración propia.

En los modelos econométricos uniecuaciones y bivariados usados para explicar la relación causal entre emisiones de carbono y crecimiento económico que se describen a continuación, en la denominación de cada modelo se prefiere utilizar la dirección *A causa B*, es decir, se parte de la variable explicativa (A) hacia la variable explicada o endógena (B) para denotar el efecto marginal de la variable exógena sobre la variable endógena; por ejemplo, en el primer modelo la variable explicativa «emisiones de carbono» que representa a la variable (A) explica un efecto determinado sobre la variable dependiente (B), en este caso, en el PIB real, es decir, en el caso colombiano, las emisiones de carbono explican el crecimiento económico, por lo tanto, en cada modelo descrito léase: $A \rightarrow B$.

La ecuación (2) sugiere que, si la tasa de crecimiento de las emisiones de carbono varía en un punto porcentual, entonces la tasa de crecimiento del PIB real variará en 0,793% en el mismo sentido. Ahora, suponga-

mos que las emisiones de carbono aumentan en un punto porcentual, entonces la tasa de crecimiento promedio del PIB real se incrementará en 0,793%, es decir, la tasa de crecimiento anual del PIB real aumentará de 3,19% a 3,20% ($3,19\% + \frac{0,7929}{100}\% = 3,20\%$). Ahora, vamos a suponer que las emisiones de carbono disminuyen en un punto porcentual, entonces la tasa de crecimiento promedio del PIB real se reducirá en 0,793%, es decir, dicha tasa disminuirá de 3,19% a 3,18% ($3,19\% - \frac{0,7929}{100}\% = 3,18\%$).

En suma, las emisiones de carbono aceleran el crecimiento económico a causa de la incorporación de recursos naturales no renovables y fuentes de energía en el proceso productivo. De hecho, este hallazgo es consistente con la teoría económica y con el fenómeno natural del efecto invernadero.

$$\widehat{PIB\ real} = 2,0756 + 0,7929 * \text{emisiones de CO}_2 \quad (2)$$

$$(0,536923) \quad (0,186585)$$

$$n = 34; \bar{X} = 3,19\%; R^2 = 36,1\%; \bar{R}^2 = 34,1\%; r = 60,1\%; DW = 1,691645$$

n = número de observaciones; \bar{X} = Media de la variable dependiente; R^2 = Coeficiente de determinación convencional; \bar{R}^2 = Coeficiente de determinación ajustado; r = Coeficiente de correlación; DW = Estadístico Durbin-Watson.

Dónde: PIB = PIB real expresado en tasa de crecimiento anual; tcCO_2 total = Emisión total de dióxido de carbono medida en millones de toneladas equivalentes ($\text{Mt CO}_2 \text{ eq}$) expresada en tasa de crecimiento anual.

Pero, un lector curioso se preguntaría: ¿Qué podría pasar en la economía colombiana si, por ejemplo, las emisiones de dióxido de carbono se redujeran prácticamente a cero? La ecuación (2) diría que la tasa de crecimiento del PIB real sería igual a 2,08%. De conformidad con la ley de

Okun (1962), una reducción de la tasa de crecimiento media del PIB real de 3,19% a 2,08%, si los demás factores que afectan al crecimiento económico se mantienen constantes, se estima que se podrían destruir unos 290 mil puestos de trabajo. De todos modos, la economía es una disciplina social que si bien cuenta con métodos cuantitativos robustos, las expectativas de los agentes son cambiantes y cuasi-predecibles. También téngase en cuenta que, en el mercado de trabajo existe desplazamiento sectorial de la mano de obra. Así, en toda economía es frecuente observar la movilidad de trabajadores del sector formal al informal y al contrario. Lo cierto es que, la informalidad laboral en el país ha subido de manera escandalosa. De 49,0% en 2005 pasó a 57,6% en febrero de 2025 sin mostrar señales de retroceso. Lo anterior supone que, es más seguro en la economía colombiana que los trabajadores se desplacen del sector formal hacia el sector informal percarizándose aún más el empleo.

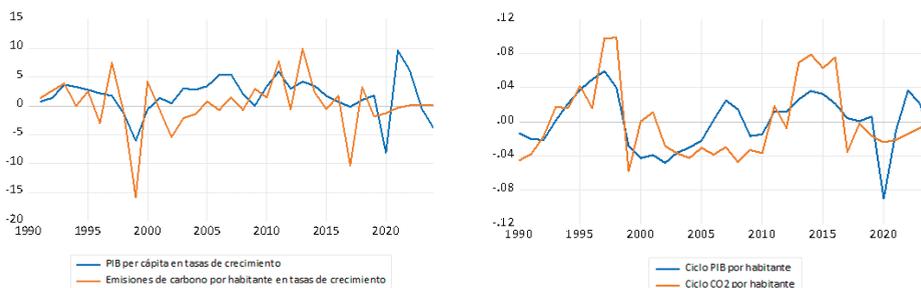
Modelo 2. Relación causal entre emisiones de dióxido de carbono por habitante (huella de carbono) y el producto nacional real per cápita.

La figura 14(a) muestra la relación causal entre las emisiones de carbono por habitante (huella de carbono) y el PIB per cápita, ambas variables medidas en tasas de crecimiento anuales. En varios años del periodo comprendido entre 1990-2024, la tasa de crecimiento del PIB per cápita se sitúa por encima de la tasa de crecimiento de las emisiones de carbono, siendo las emisiones de CO₂ más volátiles que el producto nacional por habitante. La figura 14(b) indica una relación estrecha entre las fluctuaciones cíclicas de las emisiones de carbono por habitante y el ciclo del producto nacional real per cápita. Este comportamiento es una clara evidencia de que, en la explicación del crecimiento económico, a excepción, de los recursos energéticos contaminantes, actúan otros

determinantes, a saber: la acumulación de factores productivos, el progreso tecnológico, el sistema legal, las instituciones, la geografía económica, la calidad de las políticas públicas, etc.

Figura 14.

Crecimiento económico y emisiones de carbono per cápita en Colombia 1990-2024



Panel a. Producto nacional real per cápita y emisiones de carbono por habitante en tasas de crecimiento anuales

Panel b. Fluctuaciones cíclicas del producto nacional real per cápita y emisiones de carbono por habitante

Fuente: elaboración propia.

La relación causal entre el PIB per cápita y las emisiones de carbono por habitante (huella de carbono) también es positiva y bidireccional de conformidad con el test de causalidad de Granger. Las emisiones de CO₂ per cápita explican el 17,3% de las variaciones del PIB per cápita en su media (variable dependiente). La correlación entre estas dos variables es de 41,5%, valor que, si bien no supera el 50%, tampoco puede considerarse como despreciable. Si las emisiones de dióxido de carbono por habitante varían en un punto porcentual, entonces la tasa de crecimiento actual del PIB per cápita variará en 0,311% en el mismo sentido *ceteris paribus*. En la ecuación (3) se describe que, si la tasa de crecimiento anual de las emisiones de dióxido de carbono aumenta un punto porcentual, entonces la tasa de crecimiento del PIB per cápita aumentará de 1,763% ($1,76\% + \frac{0,3011}{100}\%$ = 1,763%) y viceversa.

$$PIB \text{ real } \widehat{\text{per cápita}} = 1,6949 + 0,3011 * \text{emisiones de CO}_2/\text{hab.} \quad (3)$$

$$(0,531949) \quad (0,116535)$$

$$n = 34; \bar{X} = 1,76\%; R^2 = 17,3\%; \bar{R}^2 = 14,7\%; r = 41,5\%; DW = 1,886017$$

Dónde: PIB per cápita = PIB real por habitante expresado en tasa de crecimiento anual; emisiones por hab. = Emisiones de dióxido de carbono medido en millones de toneladas equivalentes (Mt CO₂eq) expresada en tasa de crecimiento anual.

Modelo 3. Relación causal entre las emisiones de dióxido de carbono del sector energía y el producto nacional real.

Recuérdese que, según el Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Atmosféricas, el sector energía ocupa el segundo lugar en la emisión de GEI en Colombia con el 30,24% en el año 2021 (IDEAM, 2024), es decir, este sector emitió 84.702,8 kt CO₂eq a la atmósfera. En este orden de ideas, la ecuación (4) sugiere que, si las emisiones de carbono del sector energía expresadas en tasas de crecimiento anual varían en un punto porcentual, entonces la tasa de crecimiento anual del PIB real variará positivamente en 0,461% en su valor medio *ceteris paribus*. Como la tasa de crecimiento anual del PIB real es de 3,19%, un aumento en un punto porcentual de la tasa de crecimiento de las emisiones de CO₂ haría que la tasa de crecimiento del PIB real se incremente de 3,19% a 3,195% ($3,19\% + \frac{0,4605}{100}\% = 3,195\%$)

Vale decir que, las emisiones de carbono del sector energía resultantes de la quema de combustibles fósiles son muy importantes para dinamizar el proceso productivo, no solo por los recursos naturales no renovables que provee, sino también por las fuentes de energía que proporciona. Por ejemplo, en el sector transporte para movilizar el parque automotor

privado y público se requieren millones de galones de combustible (gasolina y diesel). También se destaca el fuerte vínculo entre estas dos variables medido por el coeficiente de correlación positivo de 65,6%. De ahí se desprende que, los recursos energéticos derivados del petróleo, carbón y gas natural producen gases altamente contaminantes.

$$\widehat{PIB\ real} = 2,2806 + 0,4605 * \text{emisiones de CO}_2 \text{ sector energía} \quad (4)$$

$$(0,479169) \quad (0,093551)$$

$$n = 34; \bar{X} = 3,19\%; R^2 = 43,1\%; \bar{R}^2 = 41,3\%; r = 65,6\%; DW = 1,677755$$

Dónde: PIB = PIB real expresado en tasa de crecimiento anual; emisiones de carbono sector energía = Emisiones de dióxido de carbono medidas en millones de toneladas equivalentes (mt CO₂e) del sector energía expresadas en tasa de crecimiento anual.

Modelo 4. Relación causal entre el producto nacional real y las emisiones de dióxido de carbono del sector energía.

En vista de que, la relación entre el desempeño económico y emisiones de carbono en Colombia es bidireccional de conformidad con el test de causalidad de Granger, de la ecuación (5) se concluye que, si la tasa de crecimiento anual del PIB real varía en un punto porcentual, entonces las emisiones de carbono del sector energía expresadas en tasas de crecimiento anual variarán 0,09% puntos porcentuales en dirección positiva en su valor medio *ceteris paribus*. Dicho en otras palabras, si la tasa de crecimiento anual del PIB real aumenta en un punto porcentual, entonces la tasa de crecimiento anual de las emisiones de carbono en el sector energía se elevará de 1,97% a 1,971% ($1,97\% + \frac{0,0934}{100}\% = 1,971\%$) y viceversa.

$$\widehat{\text{Emisiones de CO}_2 \text{ energía}} = -1,01226 + 0,0934 * \text{PIB real} \quad (5)$$

$$(0,874513) \quad (0,190095)$$

$n = 34$; $\bar{X} = 1,97\%$; $R^2 = 43,1\%$; $\bar{R}^2 = 41,3\%$; $r = 65,6\%$; $DW = 2,121296$

Dónde: Emisiones de carbono sector energía = Emisiones de dióxido de carbono medidas en millones de toneladas equivalentes (mt CO₂e) del sector energía expresadas en tasa de crecimiento anual; PIB = PIB real expresado en tasa de crecimiento anual.

Modelo 5. Relación causal entre las emisiones de dióxido de carbono del sector procesos industriales y el producto nacional real.

Al regresar las emisiones de carbono del sector procesos industriales conformado por la industria mineral, industria química, industria metalúrgica, productos no energéticos procedentes de combustibles y uso de disolventes, industria electrónica, usos de productos como sustitutos de SAO, fabricación y uso de otros productos y otros (IDEAM, 2024), la ecuación (6) muestra que, si las emisiones de carbono del sector procesos industriales expresadas en tasa de crecimiento anual varían en un punto porcentual, entonces la tasa de crecimiento anual del PIB real variará en 0,648 puntos porcentuales en su valor medio en la misma dirección *ceteris paribus*. Como el valor medio de la tasa de crecimiento anual del PIB real es de 3,19%, un incremento en la tasa de crecimiento anual de las emisiones de carbono hará que dicha tasa suba de 3,19% a 3,20% ($3,19\% + \frac{0,648}{100}\% = 3,20\%$) y viceversa.

$$\widehat{\text{PIB real}} = 2,0246 + 0,6477 * \text{emisiones de CO}_2 \text{ procindus} \quad (6)$$

$$(0,647681) \quad (0,080980)$$

$n = 34$; $X = 3,19\%$; $R^2 = 21,9\%$; $\bar{R}^2 = 19,4\%$; $r = 46,8\%$; $DW = 1,819827$

Dónde: PIB = PIB real expresado en tasa de crecimiento anual; emisiones de CO₂ procindus = Emisiones de dióxido de carbono del sector de procesos industriales (millones de toneladas equivalentes de dióxido de carbono – mt CO₂e) expresadas en tasas de crecimiento anual.

Modelo 6. Relación causal entre emisiones de dióxido de carbono y temperatura media

En este último modelo se muestra la relación causal entre las emisiones totales de carbono y la temperatura media del ambiente en Colombia, medida en grados centígrados. La literatura relacionada con el cambio climático afirma que, los GEI suspendidos en la atmósfera atrapan el calor haciendo que la temperatura terrestre aumente. Hecha esta aclaración, diremos que cuando se habla de cambio climático, este fenómeno antropogénico involucra toda la biosfera, no solo el territorio colombiano.

Por eso es que, el cambio climático es un fenómeno global causado por el calentamiento global y, este, por la totalidad de las emisiones de gases de efecto invernadero y carbono negro, sin importar si un país contamina mucho o poco. En la estimación e interpretación de la ecuación (7) se toma únicamente la temperatura media expresada en grados centígrados y su variación en el periodo 1990-2024.

La tabla 14 muestra que la variación media anual de las temperaturas mínima, media y máxima en Colombia es bastante reducida, por ejemplo, en el periodo analizado la temperatura mínima solo varió en 0,02°C, la media en 0,03°C y la máxima en 0,05°C, esto es, menos de un grado centígrado. En la parte inferior de esta tabla se muestra las predicciones de las tres temperaturas existentes para los años 2030, 2050 y 2100. Se supone que, en el año 2030 se habrán reducido en el país las emisiones

de GEI en un 51% y en el año 2050 se habrá alcanzado la carbono-neutralidad. En definitiva, si la tendencia continúa, los cambios en las temperaturas mínima, media y máxima en Colombia serán mínimos, ya que las emisiones de carbono también son pequeñas en comparación con las economías desarrolladas y los países emergentes como China e India.

Tabla 14. Comportamiento de las temperaturas mínima, media y máxima en Colombia 1990-2024 y predicciones 2030, 2050 y 2100.

Año	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura máxima (°C)	Var. Temp. mínima (°C)	Var. Temp. media (°C)	Var. Temp. máxima (°C)
1990	19,1	22,2	25,1	-	-	-
1991	19,3	22,4	25,3	0,17	0,18	0,28
1992	19,3	22,6	25,5	0,03	0,23	0,20
1993	18,9	22,3	24,9	-0,44	-0,27	-0,70
1994	19,5	22,2	25,6	0,67	-0,07	0,76
1995	19,5	22,4	25,7	-0,07	0,15	0,09
1996	19,3	22,1	25,3	-0,17	-0,34	-0,40
1997	19,7	22,7	26,1	0,39	0,68	0,83
1998	20,0	22,9	26,2	0,30	0,12	0,04
1999	19,2	21,9	25,1	-0,82	-1,00	-1,08
2000	19,2	21,9	25,2	-0,01	0,07	0,15
2001	19,4	22,4	25,8	0,25	0,52	0,57
2002	19,6	22,6	26,1	0,18	0,20	0,24
2003	19,6	22,6	25,9	0,03	-0,04	-0,11
2004	19,5	22,6	25,9	-0,12	-0,05	-0,04
2005	19,7	22,6	25,9	0,16	0,06	0,01
2006	19,6	22,5	25,8	-0,09	-0,12	-0,13
2007	19,4	22,4	25,7	-0,19	-0,13	-0,11
2008	19,2	22,0	25,3	-0,19	-0,36	-0,40
2009	19,5	22,5	25,9	0,34	0,48	0,57

2010	19,6	22,4	25,7	0,03	-0,03	-0,15
2011	19,2	22,0	25,2	-0,36	-0,45	-0,47
2012	19,2	22,2	25,5	-0,03	0,21	0,32
2013	19,4	22,4	25,7	0,19	0,16	0,13
2014	19,3	22,4	25,7	-0,05	0,02	0,06
2015	19,6	22,8	26,2	0,31	0,37	0,46
2016	19,6	22,9	26,0	-0,05	0,11	-0,16
2017	19,3	22,2	25,5	-0,32	-0,68	-0,53
2018	19,1	22,2	25,5	-0,11	0,00	-0,01
2019	19,3	22,4	25,7	0,15	0,19	0,22
2020	19,3	22,5	25,9	-0,03	0,08	0,13
2021	19,1	22,1	25,3	-0,20	-0,39	-0,56
2022	18,8	21,8	25,0	-0,22	-0,25	-0,26
2023	19,3	22,5	25,9	0,47	0,63	0,85
2024	19,7	23,2	26,9	0,35	0,76	1,04
Media	19,4	22,4	25,7	0,02	0,03	0,05
2030	19,4	22,5	26,0	0,02	0,11	0,13
2050	19,5	22,5	26,2	0,02	0,17	0,20
2100	19,6	22,6	26,8	0,04	0,34	0,38

Fuente: elaboración propia con información proporcionada por el IDEAM.

Las variaciones de las temperaturas mínima, media y máxima en Colombia también se pueden constatar a nivel de los departamentos. Incluso, las variaciones de las temperaturas mínima y media presentan valores muy pequeños, y a la vez negativos, lo que permite concluir que, la variabilidad de la temperatura en el país en el periodo analizado es baja, sin embargo, esta afirmación no contradice la ocurrencia del cambio climático. Nótese que, en el cambio climático no solo se considera la temperatura sino también otras variables hidrometeorológicas, tales como: precipitación, humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento, cuyas variaciones modifican los patrones climáticos (ver tabla 15).

Tabla 15. Temperatura mínima, media y máxima por departamentos 1990-2024

Departamento	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura máxima (°C)	Variación Temperatura mínima (°C)	Variación Temperatura media (°C)	Variación Temperatura máxima (°C)
Amazonas	23,6	26,1	29,3	-0,77	-0,88	-0,96
Antioquia	18,8	21,7	25,2	0,03	0,05	0,06
Arauca	23,5	26,5	30,5	0,02	0,05	0,16
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	26,7	27,7	29,2	-0,90	-0,98	-0,99
Atlántico	25,6	28,7	28,7	0,03	-0,02	-0,01
Bolívar	24,9	27,8	29,9	0,05	0,06	0,09
Boyacá	12,7	15,7	19,5	0,04	0,05	0,10
Caldas	15,2	16,5	18,8	0,05	0,04	0,10
Caquetá	23,7	25,4	29,3	0,07	0,07	0,05
Casanare	23,8	26,4	29,3	0,03	0,07	0,05
Cauca	16,4	19,5	23,0	0,05	0,03	0,04
César	24,8	28,6	32,0	0,03	0,05	0,07
Chocó	23,1	25,3	27,6	0,04	0,04	0,03
Córdoba	24,9	27,7	31,5	0,03	0,05	0,08
Cundinamarca	14,7	17,2	20,5	0,03	0,02	0,09
Guainía	24,4	26,6	26,6	0,07	0,84	0,09

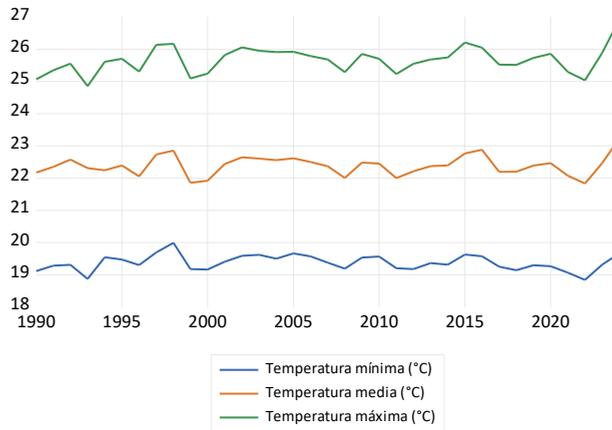
Guaviare	23,2	25,7	27,9	0,03	0,06	0,07
Huila	20,3	23,6	27,1	0,04	0,05	0,07
La Guajira	25,7	28,3	31,9	0,04	0,04	0,06
Magdalena	23,2	26,3	28,4	0,04	0,14	0,14
Meta	22,2	25,7	28,5	0,04	0,07	0,11
Nariño	14,6	17,0	19,8	0,01	0,01	0,04
Norte de Santander	18,7	21,6	25,3	0,02	0,05	0,05
Putumayo	20,3	22,9	26,1	0,06	0,07	0,06
Quindío	18,0	22,3	26,0	-0,61	-0,71	-0,82
Risaralda	18,1	20,9	24,2	0,09	0,20	0,27
Santander	19,0	22,2	26,3	0,01	0,03	0,07
Sucre	24,5	27,6	31,3	0,04	0,05	0,11
Tolima	21,6	24,6	28,6	-0,06	0,03	-0,05
Valle del Cauca	17,9	20,9	24,6	0,02	0,00	0,01
Vaupés	23,7	25,3	28,2	0,00	0,00	0,00
Vichada	24,4	27,2	30,8	0,73	0,06	0,95
Media	21,3	24,1	27,1	-0,02	-0,01	0,01

Fuente: elaboración propia con información proporcionada por el IDEAM.

Recuérdese que, el propósito del Acuerdo de París es mantener la temperatura global por debajo de 1,5°C. Las variaciones de la temperatura en Colombia están muy por debajo de esta cifra. De otra parte, las variaciones de la temperatura mínima, media y máxima muestran un comportamiento histórico más o menos constante, y más o menos, predecible (ver figura 15).

Figura 15.

Comportamiento de las temperaturas mínima, media y máxima en Colombia 1990-2024

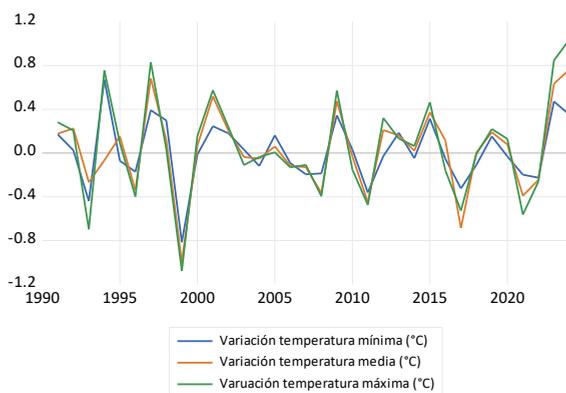


Fuente: elaboración propia con información proporcionada por el IDEAM.

En la figura 16 se muestra que, en el periodo 1990-2024 las variaciones de las temperaturas mínima, media y máxima se han movido, más o menos, al unísono sin variaciones extremas.

Figura 16.

Variaciones en grados centígrados de las temperaturas mínima, media y máxima en Colombia 1990-2024.



Fuente: elaboración propia con información proporcionada por el IDEAM.

En la tabla 16 se muestran los valores medios de las temperaturas mínima, media y máxima y las variaciones de las mismas por década transcurrida. Igual que lo sucedido en las tablas anteriores, en el periodo 1990-2024 las variaciones de temperatura han sido mínimas, es decir, han oscilado muy por debajo de un grado centígrado.

Tabla 16. Variaciones en grados centígrados de las temperaturas mínima, media y máxima por décadas en Colombia 1990-2024.

Periodo	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura máxima (°C)	Variación Temperatura mínima (°C)	Variación Temperatura media (°C)	Variación Temperatura máxima (°C)
1990-1999	19,4	22,4	25,5	0,01	-0,04	0,00
2000-2009	19,5	22,4	25,8	0,02	0,01	0,04
2010-2019	19,4	22,4	25,7	-0,02	0,00	0,00
2020-2024	19,2	22,4	25,8	0,06	0,17	0,25
1990-2024	19,4	22,4	25,7	0,02	0,03	0,05

Fuente: elaboración propia con información proporcionada por el IDEAM.

En la ecuación (7) se regresan las emisiones de carbono contra la temperatura media del ambiente. Aunque las variaciones en las emisiones de carbono solo explican el 12,2% de las variaciones en la temperatura media en su valor medio ($\bar{X} = 0,031^\circ\text{C}$) y el coeficiente de correlación indica que existe un nivel de asociación positiva de más o menos un tercio ($r = 34,9\%$) entre estas dos variables, las emisiones de gases contaminantes tampoco pueden explicar la totalidad de las variaciones en la temperatura media en el país. Recuérdese que, en las variaciones de temperatura también influyen otros factores, tales como: la precipitación, la humedad relativa, la radiación solar y la velocidad del viento. Si las emisiones de carbono varían en un punto porcentual, entonces la temperatura media variará en 0,051 grados centígrados en la misma dirección *ceteris paribus*. Dicho en otras palabras, si las emisiones de carbono aumenta en un punto porcentual, entonces la variación de la temperatura media en Colombia pasará de $0,031^\circ\text{C}$ a $0,082^\circ\text{C}$ ($0,031^\circ\text{C} + 0,051^\circ\text{C} = 0,082^\circ\text{C}$) y viceversa.

$$\widehat{T_{media}} = -0,0406 + 0,051 * \text{emisiones de CO}_2 \quad (7)$$

(0,069646) (0,024202)

$$n = 34; \bar{X} = 0,031^\circ\text{C}; R^2 = 12,2\%; \bar{R}^2 = 9,5\%; r = 34,9\%; DW = 1,771584$$

Dónde: TMEDIA = Variación anual de la temperatura media expresada en grados centígrados; Emisiones de carbono = Tasa de crecimiento anual de emisiones de dióxido de carbono totales medidas en millones de toneladas equivalentes (MtCO_2e).

Así pues, de acuerdo con el test de causalidad de Granger, la relación causal entre las emisiones de carbono y la variación de la temperatura media en Colombia es unidireccional. A esto se añade que, la variación anual de la temperatura media es muy baja, en consecuencia, el cumpli-

miento de la meta global de aumento de temperatura media del planeta por debajo de 1,5°C establecida en el Acuerdo de París, no reviste mayor ninguna dificultad en su cumplimiento. Sin embargo, recuérdese que el aumento de la temperatura media global ocurre a nivel de toda la superficie terrestre (es imposible que la temperatura se circunscriba en la superficie que le corresponde a un país o a un conjunto de países), por ende, el cambio climático es global o generalizado. En ese sentido, se podría afirmar que una sola golondrina no hace verano para referirse a que, el cambio climático como problema global requiere de soluciones globales, no simplemente locales o regionales. En consecuencia, lo que haga un solo país en forma aislada será inútil.

Capítulo 7.

Los recursos naturales no renovables en Colombia: ¿Son un freno al crecimiento económico?

El presidente Gustavo Petro Urrego fue enérgico en proponer, primero en campaña electoral, y luego en el ejercicio de su mandato, suspender la exploración y explotación de petróleo, carbón mineral y gas natural, por considerar a su juicio que, estos recursos energéticos son muy dañinos para el medio ambiente por sus efectos perversos en el calentamiento global. Por lo tanto, la orden presidencial fue detener la concesión de nuevos contratos de exploración de yacimientos de petróleo, gas natural y carbón mineral, manteniendo en ejecución solo aquellos contratos que se hayan firmado con anterioridad.

El presidente Petro subraya que: “Estar del lado de la vida es estar del lado opuesto a los combustibles fósiles. Comprometerse a eliminar progresivamente los combustibles fósiles es estar del lado de la vida y de la salud, ya se trate de un país productor o no” (Neira, 2025, p. 1). Aún más, en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia, potencia mundial de la vida”, Gustavo Petro ha propuesto transitar de un modelo económico extractivista a uno con justicia social y ambiental. La revista *The Economist* criticó fuertemente las promesas verdes del presidente Petro señalándolas de contradictorias y vacías. Este semanario británico

no entiende, por qué el presidente de Colombia juega con la seguridad energética del país, al suspender las licencias de explotación de gas natural a sabiendas de que las reservas han disminuido en un 58% desde el año 2012 (Cigüenza, 2025). Ante esta situación, Colombia en poco tiempo tendrá que importar gas natural de cualquier lugar del mundo a un precio exorbitante. Además, el gas que se importe será mucho más contaminante en términos de emisiones de GEI que el extraído en el país, al menos, esta es la opinión de expertos consultados por esta revista

El calentamiento del planeta es un fenómeno global de carácter antropogénico suficientemente documentado a nivel científico, cuya principal causa son los gases de efecto invernadero. En medio de la campaña electoral y en la ejecución del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, no han cesado las críticas por parte de especialistas y profanos alrededor de la conveniencia o no de esta controvertida política energética, la cual busca acelerar el cumplimiento de metas de descarbonización del país. Lo criticable es que, hasta la fecha no existen estudios detallados sobre los efectos económicos y fiscales que acarrearía esta medida. El gobierno actual solo acude a la figura del decrecimiento económico como solución que obedece más a intereses ideológicos que técnicos.

Aunque la sociedad colombiana es consciente de la importancia de transformar la matriz energética y de avanzar en el desarrollo de energías alternativas y limpias acorde a las fortalezas geográficas y naturales, también siente preocupación por la disponibilidad presente y futura de combustibles fósiles; más aún, tras la experiencia vivida por Europa occidental tras la invasión de Rusia a Ucrania en febrero de 2022, suceso que demostró la debilidad de la política de seguridad energética de los países europeos frente al poderío de Rusia como el principal proveedor de gas natural en Europa Occidental.

Si bien es cierto que, los gases de efecto invernadero cuya emisión se disparó en mayor volumen en el periodo posindustrial, son la causa directa del cambio climático, no sobra decir que, los países más contaminantes son los llamados a liderar una estrategia de descarbonización más agresiva en concordancia con las metas fijadas para 2050 y 2100. En especial, el mayor esfuerzo en la reducción de gases de efecto invernadero debe ser promovido por China, Estados Unidos, India, Unión Europea, Rusia, Japón, Brasil, Irán, Indonesia y México. En este orden de ideas, las emisiones de dióxido de carbono producidas por Colombia son bajas en comparación con los países citados, sin querer decir con esto que, los GEI que emite el país sean irrelevantes en el contexto del calentamiento global, por tanto, haya excusa para seguir contaminando.

El mensaje que se pretende transmitir aquí, es la no conveniencia de una política de cero explotaciones de combustibles fósiles, mientras no se consolide en el país el desarrollo de un programa de eficiencia energética y de implantación de energías limpias, y no se avance en la potenciación de otras ramas de actividad económica. Por ejemplo, el turismo que podría sustituir perfectamente a largo plazo, al sector de extracción de petróleo crudo, gas natural y otras actividades de apoyo para la extracción de petróleo y de gas natural, la cual representa en promedio el 3,8% del valor agregado total en el periodo 2005-2023.

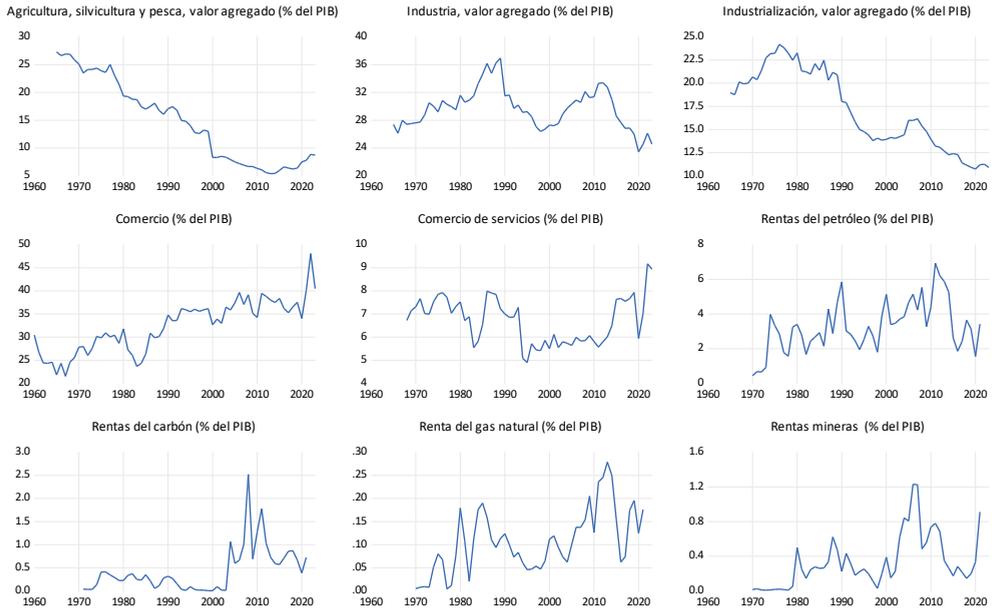
En la literatura económica se suele decir que los recursos naturales no renovables son una maldición para los países que los poseen, no por cuestiones de degradación ambiental sino porque la entrada de dólares provenientes de las exportaciones de este tipo de recursos provoca apreciación de la moneda nacional que encarece las importaciones, o mejor dicho, los efectos positivos derivados de las exportaciones son anulados

por los efectos negativos en las importaciones (recuérdese que Colombia registra desde hace muchos años una balanza comercial deficitaria). Desde la década de los setenta del siglo XX a este fenómeno se le llama la enfermedad holandesa. Vale aclarar que, la enfermedad holandesa no es típica de todos los países ni tampoco es una verdad a ciegas.

Hecha esta salvedad, los recursos naturales no renovables son una bendición para los países que los poseen puesto que proporcionan seguridad energética, y a la vez, son una fuente importante de ingresos fiscales. En el caso colombiano tomando datos del Banco Mundial (2025) se observa que, el sector primario y secundario han perdido importancia desde hace varias décadas, por ejemplo, la industria manufacturera sufrió un desplome a partir de 1988 sin mostrar signos de recuperación. En cambio, el comercio y los servicios han tenido un repunte importante, aunque su capacidad de generar empleo es menor que el de la industria. Por su parte, las rentas provenientes del petróleo, carbón y gas natural, han tenido un comportamiento fluctuante debido a la volatilidad de los precios internacionales. A partir del segundo decenio del presente siglo, se observa una reducción importante de su participación como porcentaje del PIB en la economía colombiana (ver figura 17). En definitiva, este resultado puede ser interpretado como algo negativo, en el sentido de que los recursos naturales no renovables si constituyen un freno al crecimiento económico como se analizará más adelante y, como un aspecto positivo, en el sentido de que una menor explotación de recursos energéticos promueve el desacople de la actividad económica de las emisiones de GEI para avanzar en el desarrollo de una economía sostenible con bajo consumo de carbono.

Figura 17.

Comportamiento histórico de las ramas de actividad económica vinculadas con recursos energéticos en Colombia 1960-2023.



Fuente: elaboración propia.

7.1. Características básicas del modelo de crecimiento económico de Solow

Robert M. Solow (1924-2023) galardonado con el Premio Nobel en 1987, publicó en 1956 un artículo seminal titulado: “*A Contribution to the Theory of Economic Growth*” en el *Quarterly Journal of Economics*, por medio del cual dio una explicación del crecimiento económico desde la perspectiva de la oferta, resaltando la importancia de la acumulación de capital y el progreso tecnológico. El modelo de crecimiento exógeno de Solow es fundamental para entender por qué algunos países son ricos y otros son

pobres, cuáles son los determinantes del crecimiento económico y, qué tipo de medidas de política económica deben adoptar las autoridades económicas para impulsar el crecimiento como piedra angular del bienestar material, tal como se describió en el tercer capítulo.

En la descripción del modelo básico de Solow se utilizará con fines didácticos, la exposición de esta modelo realizada por Jones (2000). El modelo de Solow está constituido por dos ecuaciones, a saber: la primera es una función de producción, y la segunda corresponde a la acumulación de capital. La función de producción describe la manera cómo capital (K) y trabajo (L) se combinan entre sí para generar el producto nacional (Y), o también llamado PIB. La función de producción es de tipo Cobb-Douglas y se determina por la ecuación (8), así:

$$Y = f(K, L) = K^\alpha L^{(1-\alpha)} \quad (8)$$

Dónde: Y = Producto (PIB); K = Capital físico; L = Trabajo; α = Elasticidad del capital al producto; $(1-\alpha)$ = Elasticidad del trabajo al producto. $\alpha + (1-\alpha) = 1$ puesto que la función de producción muestra rendimientos constantes a escala¹⁵. Además, la tecnología se considera exógena, es decir, no está determinada por las empresas.

Las empresas en el modelo de Solow pagan a los trabajadores un salario (w), por cada unidad de trabajo (L) y una tasa de interés (r), por el alquiler de cada unidad de capital (K) durante un periodo determinado. Además, el mercado en el que actúan las empresas es competitivo y las empresas son precio-aceptantes. A este modelo se añade que las empresas maximizan sus ganancias, por lo tanto:

15 Si se duplican todos los factores productivos (K y L), la producción (Y) también se duplicará.

$$\max_{K, L} f(K, L) - rK - wL$$

Por otra parte, las empresas contratarán trabajo (L) hasta que el producto marginal del trabajo (PML) sea igual a los salarios y alquilan capital (K) hasta que el producto marginal del capital (PMK) sea igual al precio del capital, así:

$$w = \frac{dF}{dL} = (1 - \alpha) \frac{Y}{L}$$

$$r = \frac{dF}{dK} = \alpha \frac{Y}{K}$$

Nótese que $wL + rK = Y$, es decir, los pagos a los factores productivos reducen por completo el valor de la producción, lo que significa que no hay ganancias debido a los rendimientos constantes de escala. De la ecuación (8) se desprende la producción por trabajador, $y = \frac{Y}{L}$ y el capital por trabajador, $k = \frac{K}{L}$, de donde se obtiene la ecuación (9), así:

$$y = k^\alpha \tag{9}$$

Dónde: y = Producción por trabajador; k = Capital por trabajador; α = Elasticidad del capital al producto por trabajador.

La función de producción por trabajador significa que cuando aumenta el capital por trabajador (k), las empresas generan más producción por trabajador (y). Obsérvese que existen rendimientos decrecientes al capital por trabajador, así: cada unidad adicional de capital asignado a un trabajador, aumenta la producción por trabajador, pero cada vez en menor cantidad.

La segunda ecuación del modelo de Solow está relacionada con la acumulación de capital mediante la siguiente la ecuación (10), así:

$$K = sY + dK \tag{10}$$

La ecuación (10) se interpreta, así: el cambio en la existencia de capital, es igual a la cantidad de inversión bruta sY , menos la cantidad de depreciación que ocurre durante el proceso de producción, dK . Nótese que encima de la letra K hay un punto ($\dot{}$) que se lee: la derivada del capital con respecto al tiempo, esto es, la versión continua del tiempo de $K_{t+1} - K_t$, o sea, el cambio en las existencias de capital por periodo de tiempo. Esto significa que el uso constante del capital en la producción sufre un agotamiento denominado depreciación. Mediante la depreciación se puede reponer el capital depreciado o agotado en el proceso de producción por nuevo capital, impactando positivamente en el incremento de la productividad del capital, es decir, mayor producción por las nuevas máquinas empleadas. Por consiguiente:

$$\dot{K} = \frac{dK}{dt}$$

El segundo término de la ecuación (10) corresponde a la inversión bruta. Según Solow, se supone que los trabajadores y consumidores ahorran una parte constante, s de su ingreso conformado de salarios y alquiler del capital, este último proveniente del arriendo de capital por parte de los hogares a las empresas: $Y = wL + Rk$. Se supone que la economía es cerrada, por lo tanto, el ahorro es igual a la inversión, esto es, la totalidad de la inversión se destina a acumular capital.

El tercer término de la ecuación (10) corresponde a la depreciación del capital durante el proceso productivo. En cada periodo se deprecia una parte constante, d de la existencia de capital, independientemente de la producción realizada. La evolución de la producción por trabajador en la economía se define por la ecuación de acumulación de capital por trabajador. Para ello, se toman los logaritmos naturales y luego las derivadas.

Por ejemplo, para calcular el capital por trabajador, k y la producción por trabajador, y , se realiza el siguiente procedimiento matemático:

$$\text{Capital por trabajador: } k = \frac{K}{L} \rightarrow \ln k = \ln K - \ln L$$

$$\frac{\dot{k}}{k} = \frac{\dot{K}}{K} - \frac{\dot{L}}{L}$$

$$\text{Producción por trabajador: } y = k^\alpha \rightarrow \ln y = \alpha \ln k$$

$$\frac{\dot{y}}{y} = \alpha \frac{\dot{k}}{k}$$

Ahora, se introduce en la ecuación (11) la tasa de crecimiento de la población, n como equivalente a la tasa de crecimiento de la fuerza de trabajo, esta última se supone que es constante. Esto implica que n corresponde a la tasa de crecimiento de la fuerza laboral, $n = \frac{\dot{L}}{L}$. Al combinar el capital por trabajador, se obtiene:

$$\frac{\dot{k}}{k} = \frac{sY}{K} - n - d$$

$$\frac{\dot{k}}{k} = \frac{sy}{k} - n - d$$

El resultado es la acumulación de capital por trabajador, se resume así:

$$\dot{k} = sy - (n - d)k \quad (12)$$

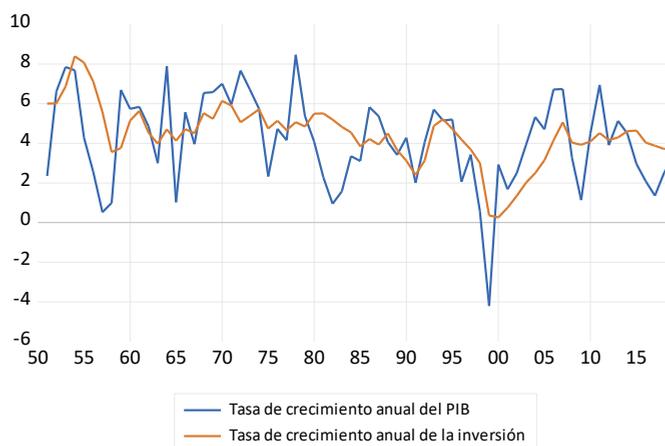
En la ecuación (12), la inversión por trabajador, sy aumenta el capital por trabajador, k mientras que la depreciación por trabajador, dk disminuye el capital por trabajador, k . En pocas palabras, el ahorro aumenta la inversión y la inversión se constituye en acumulación de capital, sy . En cambio, los aumentos de la tasa de crecimiento de la población, nk y de la tasa de depreciación, dk disminuyen la acumulación de capital por trabajador, . En suma, para que el capital por trabajador en la economía

crezca es necesario que la inversión por trabajador aumente por encima de la tasa de depreciación y de la tasa de crecimiento poblacional. En caso contrario, si la inversión por trabajador no crece lo suficiente como para dotar a los nuevos trabajadores de nuevas máquinas y para cubrir la depreciación, el capital por trabajador disminuirá por el aumento en la fuerza laboral, n en la cuantía, nk .

Nótese que, en el modelo de Solow es fundamental la acumulación de capital por trabajador, afectada positivamente por el ahorro e inversión, y negativamente, por la depreciación y la población. En cuanto al progreso tecnológico, este se determina exógenamente, siendo calculado como un residuo. Con el propósito de constatar la relación entre el crecimiento económico y la inversión en Colombia en el periodo 1950-2019, basta con relacionar en la figura 18 las tasas de crecimiento interanuales de PIB real y la inversión.

Figura 18.

Relación entre el crecimiento e inversión en Colombia 1950-2019



Fuente: elaboración propia.

Nótese que, a partir de principios de la década de los noventa, esta relación se ha vuelto más estrecha. Este es un claro indicio de que la acumulación de capital sea físico, humano o natural es un determinante del crecimiento económico, más el cambio técnico resultante de la combinación factorial.

7.2. Modelo de crecimiento de Solow con recursos naturales

El interés en el crecimiento económico en el siglo XIX despertó la atención de David Ricardo y Robert Thomas Malthus, quienes pensaban que la presencia de la tierra (espacio cultivable) como factor fijo e irremplazable en la producción de alimentos y demás actividades agropecuarias, limitaba el potencial crecimiento a largo plazo de la economía, siendo la tierra¹⁶ en aquella época, un recurso productivo de especial significancia. Hoy, la importancia de la tierra no solo se limita a las actividades agrarias y pecuarias tradicionales. También se invocan los servicios ambientales naturales que de ella se desprenden, indispensables para la reproducción de la vida, a saber: su capacidad para generar aire y agua limpios, energía y para absorber los residuos de la actividad humana. Por estas razones, la tierra en un sentido más amplio y justo merece ser llamada «naturaleza» como productora de bienes económicos y de servicios ambientales.

Para redondear esta idea, a los economistas clásicos nombrados arriba, les preocupaba enormemente que la tierra como factor fijo provocaría una disminución de la renta per cápita a largo plazo, haciendo que la

16 La tierra en Colombia conformada por agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca aporta en promedio el 12,8% al valor agregado en el periodo 2005-2023, por tanto, no se puede calificar de insignificante o marginal.

economía se estancara en su nivel más bajo (estado estacionario), con consecuencias dramáticas como la proliferación de la pobreza y el hambre, la diseminación de enfermedades mortales, la muerte de una proporción considerable de la población, desempleo, inflación y fuerte descontento social. Los cálculos realizados por Malthus pronosticaban un aumento de la población en términos geométricos y un incremento de los alimentos en términos aritméticos, poniendo en evidencia un marcado desacople entre la tasa de crecimiento de la producción por habitante y la tasa de crecimiento poblacional que constreñía, aún más, el crecimiento económico. De ahí que, Thomas Carlyle en 1849 se refiriera despectivamente a la economía llamándole ciencia «lúgubre», por depositar todo su arsenal teórico y práctico en cuestiones simples y vanas como la oferta y la demanda, y por reducir el deber de los gobernantes a dejar en paz a los hombres. En tiempos actuales se diría: *no intromisión del Estado en asuntos económicos, mercados libres para actuar y agentes económicos soberanos.*

7.3. ¿Tiene límites el crecimiento económico en Colombia?

Antes de dar respuesta a la pregunta clave de este apartado, de si la oferta decreciente de recursos energéticos impone límites reales al crecimiento del PIB, es importante entender que la crisis ambiental actual es el calentamiento global con raíces antropogénicas. Según la CEPAL (2015), la principal causa son las altas concentraciones de CO₂ en la atmósfera a causa de la quema de combustibles fósiles, la producción de cemento y la deforestación. De las 36,2 gigatoneladas de dióxido de carbono, alrededor de 43% provienen del carbón, el 33% del petróleo, el 18% del gas y, la parte restante, de la producción de cemento y de la combustión de gas.

Pero la crisis ambiental no es totalmente pasiva. Las nuevas agendas de desarrollo exigen miradas más profundas, complejas y holísticas, así como decisiones políticas más contundentes. Las teorías del decrecimiento y el *Green New Deal* (Nuevo Acuerdo Verde) comparten su preocupación por superar tres problemas esenciales: la crisis ecológica, el cambio climático y la pérdida de biodiversidad (Prieto del Campo, 2000). Al interior de estas propuestas emancipadoras de distintos alcances, tales como: la reducción de emisiones de GEI y carbono negro a través de la contracción del PIB mundial, el aumento de la eficiencia energética y la mayores inversiones en energías renovables y limpias, la adopción de economías de estado estacionario que no superen los límites que impone la biosfera, el desacople de la producción a los combustibles fósiles, la aforestación o renaturalización de las áreas degradadas, la geoingeniería contra la cual Wagner & Weitzman (2016) expresan su desacuerdo por los riesgos potenciales inciertos que su implantación implica; incluso, el ecosocialismo que implica de algún modo, retornar a sociedades agrarias o feudales caracterizadas por bajos niveles de prosperidad material, y por supuesto, con pocos simpatizantes sería la solución más idónea.

Sean estas iniciativas buenas o malas, lo cierto es que chocan contra los intereses de una enemiga poderosa: *la acumulación capitalista*. Prieto del Campo (2000) subraya que, el capital “necesita expandirse continuamente colonizando nuevos aspectos de nuestras vidas, sociedades y ecosistemas. En esa expansión, reproduce y amplía las diferencias sociales, y reconfigura, pero también destruye las bases de la vida” (p. 11). Ahora bien, no se trata de buscar una causa madre como es la prevalencia del sistema capitalista para explicar el ciento por ciento del cambio climático y, decir al final que, solo basta eliminar el capitalismo para que el

cambio climático desaparezca. Infortunadamente las cosas no funcionan así, por tanto, desacoplar la producción de los combustibles fósiles es un buen punto de partida, pero tardará un buen tiempo en hacerse realidad. No hay duda de que es una decisión difícil en un mundo controlado por las multinacionales petroleras, pero tampoco es imposible, si pensamos en las posibilidades del ingenio humano.

Adentrándonos en materia, es pertinente comentar que, la década de los cincuenta del siglo XX marcó la pauta en las investigaciones científicas acerca del crecimiento económico. Los artículos seminales de Solow (1956, 1957) posicionaron el modelo de crecimiento exógeno como piedra angular de la teoría económica neoclásica. Este modelo se apoya en una función de producción agregada, la cual incorpora la acumulación de capital y trabajo como variables endógenas y el cambio tecnológico o productividad total de los factores (PTF) como variable exógena, este último calculado como un residuo. Jocosamente a este residuo, Solow le llamó “una medida de nuestra ignorancia”, porque no se conoce a ciencia cierta cómo surge.

El progreso tecnológico es fruto de incorporar al proceso productivo trabajadores más sanos, más calificados y más productivos que se acompañan de mejores máquinas, herramientas, equipos, instalaciones, infraestructuras y otros, para producir más y mejor. La PTF es la resultante de la eficiencia como principio básico para maximizar beneficios. De ahí, la importancia de los aumentos de productividad para ganar en competitividad y rentabilidad empresarial. Es común ver, que en la función de producción agregada no se incorporan los recursos naturales. Los economistas del crecimiento solo se refieren al trabajo y al capital como principales factores de producción, dejando por fuera a la naturaleza.

En este apartado nos ocuparemos de aportar evidencia empírica para la economía colombiana relacionada con la pregunta de investigación: ¿Puede crecer continuamente la renta per cápita por trabajador en Colombia a pesar de las limitaciones impuestas por los recursos energéticos? El debate acerca de los límites del crecimiento económico suscitado por Meadows et al. (2006) y avivado nuevamente por Meadows et al. (1992) permite en tiempos actuales de crisis ambiental global, preguntarse si la producción de bienes puede continuar creciendo a medida que los recursos naturales no renovables se agotan. Este supuesto ha sido ampliamente criticado por activistas, ambientalistas y economistas ecológicos, quienes ponen en duda la excesiva fé tecnológica del paradigma neoclásico dominante. Como contrapropuesta surge la teoría del decrecimiento económico, la cual es poco atractiva por ser una barrera a la reproducción del capital.

Para avanzar en este sentido, se tomó información del sistema de cuentas nacionales para el periodo 2005-2023 (base 2015) del DANE. Aunque el periodo tomado es relativamente corto, su fortaleza estriba en que son cifras oficiales confiables y completas. En la función de producción agregada empleada se discriminó el factor *tierra* conformado por agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca (*tierra*), cual representa el 12,8% en promedio del valor agregado total y la explotación de minas y canteras (*recursos energéticos agotables*), representando el 5,8% del valor agregado total. El primero tiene un comportamiento más dinámico con una tasa de crecimiento anual media de 2,3% en comparación con el segundo que, únicamente, creció a una tasa de 1,8% (ver tabla 17).

Tabla 17. Participación de los recursos naturales en el valor agregado total en Colombia 2005-2023.

Ramas de actividad económica	Part. Valor Agregado (%)	TCAM* (%)	Rama de actividad económica	Part. Valor Agregado (%)	TCAM* (%)
A. Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca:	12,8	2,3	B. Explotación de minas y canteras:	5,8	1,8
Cultivos agrícolas transitorios; otros cultivos agrícolas permanentes; Propagación de plantas (actividades de viveros, excepto viveros forestales); actividades de apoyo a la agricultura y la ganadería, y posteriores a la cosecha, explotación mixta (agrícola y pecuaria) y caza ordinaria y mediante trampas y actividades de servicios conexas.	4	2,4	Extracción de carbón de piedra y lignito.	1,2	0,4
Cultivo permanente de café	0,7	0,7	Extracción de petróleo crudo y gas natural y actividades de apoyo para la extracción de petróleo y de gas natural	3,8	2,4
Ganadería	1,8	2,4	Extracción de minerales metalíferos	0,6	-0,6
Silvicultura y extracción de madera	0,3	2,3	Extracción de otras minas y canteras.	0,3	1,4
Pesca y acuicultura	0,2	3,4	Actividades de apoyo para otras actividades de explotación de minas y canteras.	0,0	0,8

*TCAM: Tasa de crecimiento anual media.

Fuente: elaboración propia con datos del sistema de cuentas nacionales anuales (principales agregados macroeconómicos, base 2015, DANE).

En la función de producción agregada se considera a la tierra como un factor fijo o constante, esto significa que, no se agota por su uso o, mejor dicho, no se deprecia y los recursos energéticos (carbón mineral, petróleo crudo, gas natural y minerales metalíferos) cuyo agotamiento depende de una tasa de extracción. Para determinar la contribución de cada factor a la tasa de crecimiento del PIB, partimos de la siguiente función agregada contenida en la ecuación (13), así:

$$Y_t = K^{\alpha}_t (A_t, L_t)^{\beta} X^k E^{\varepsilon}_t; \quad \alpha > 0, \beta > 0, k > 0, \varepsilon > 0; \quad \alpha + \beta + k + \varepsilon = 1 \quad (13)$$

Los cuatro factores productivos utilizados en la función [1]: capital (K_t), trabajo (L_t), tierra (X) y energía (E_t) con rendimientos constantes a escala. Las participaciones del capital (α), el trabajo (β), la tierra (k) y la energía (ε) toman los siguientes valores: $\alpha = 0.32$, $\beta = 0.60$, $k = 0.05$ y $\varepsilon = 0.03$. De acuerdo con Nordhaus (1992), en el modelo propuesto se utiliza una tasa de extracción de energéticos (s_e) de 0,5% para la calcular la tasa de crecimiento económico en estado estacionario¹⁷.

A continuación, se procede a calcular la ecuación fundamental de crecimiento económico de Solow (1957), teniendo en cuenta las sugerencias hechas por Barro (1998), a partir de la ecuación (14), así:

$$\Delta Y_t/Y_t = \alpha * \Delta K_t/K_t + \beta * \Delta L_t/L_t + k * \Delta X/X + \varepsilon * \Delta E_t/E_t + \Delta A_t/A_t \quad (14)$$

Dónde: $\Delta Y_t/Y_t$ = Crecimiento de la producción real (PIB); $\Delta K_t/K_t$ = Crecimiento del capital en la producción, α = Participación del capital en la producción; $\Delta L_t/L_t$ = Crecimiento de la fuerza de trabajo; β = Participación del trabajo en la producción, $\Delta X/X$ = Crecimiento del factor tierra en la producción,

17 Se refiere a un momento en el tiempo en el que la economía alcanza un nivel de capital físico y de crecimiento de la población óptimos que hace que la producción se vuelva constante (que no crezca).

k = Participación del factor tierra en la producción, $\Delta E_t/E_t$ = Crecimiento de los recursos energéticos en la producción, ε = Participación de los recursos energéticos en la producción, $\Delta A_t/A_t$ = Progreso tecnológico o productividad total de los factores.

El progreso tecnológico o PTF fue calculado como un residuo a partir de la ecuación (15), a fin de determinar, si el crecimiento de la economía colombiana se explica por acumulación de factores productivos o, gracias al progreso tecnológico, como efectivamente se esperaría. En el caso de que la PTF tome valores positivos, se demostraría que en el periodo analizado hubo mayor eficiencia en el uso de los recursos productivos o, en caso contrario, un valor negativo significaría que la producción fue ineficiente.

$$\Delta A_t/A_t = \Delta Y_t/Y_t - \alpha * \Delta K_t/K_t + \beta * \Delta L_t/L_t + k * \Delta X/X + \varepsilon * \Delta E_t/E_t \quad (15)$$

Como se comentó en un apartado anterior, la teoría del crecimiento económico en la función de producción agregada, únicamente considera la participación del capital y del trabajo, invisibilizando la presencia del capital natural representado en la tierra y en los recursos energéticos (combustibles fósiles en su mayoría). En la tabla 18(a) se cuantifican las fuentes del crecimiento económico colombiano en el periodo 2005-2023, en primer lugar, utilizando capital físico y trabajo y, en segundo lugar, PTF calculada como residuo de Solow. Los resultados indican que, aproximadamente, dos terceras partes (70,1%) del crecimiento es explicado por acumulación de factores (42,0% por servicios del capital físico y 28,2% por servicios del trabajo). En cuanto al progreso tecnológico, este solo explica una tercera parte del crecimiento (29,9%), es decir, es muy bajo si se lo compara con Estados Unidos, el cual puede tomar un valor de 80%. Como segunda medida, el capital se dividió en tres partes, a

saber: capital físico, tierra y recursos energéticos para determinar cuán importantes pueden ser los recursos naturales en el crecimiento económico en Colombia. Esta sección de la Tabla 18(b) pretende resaltar la contribución del capital natural representado en la tierra y los recursos energéticos. A decir verdad, la naturaleza contribuye con el 5,1% del crecimiento (tierra con 3,1%, recursos energéticos con 2,0% y capital físico con el 35,5%) y los servicios del trabajo con 29,6% (trabajo agropecuario con -1,4%, trabajo minero con el 3,1% y trabajo en el resto de actividades económicas con el 27,9%).

Por su parte, la PTF guarda la misma proporción del primer caso (29,9%), indicando que, aunque el progreso tecnológico es positivo, a duras penas, una tercera parte del crecimiento económico es explicada por eficiencia económica. Dicho en otras palabras, el crecimiento económico colombiano depende en sumo grado de la acumulación de capital físico.

El modelo de Solow explica que la diferencia entre países ricos y pobres se encuentra en el progreso tecnológico (ΔA) que cada nación haya experimentado a lo largo del tiempo, es decir, en la manera cómo se combinan el capital y el trabajo para producir bienes y servicios. En el caso de la economía colombiana como el resto de países en desarrollo presenta dificultades en términos de eficiencia económica, por ejemplo, el cambio tecnológico en el periodo 1950-2019 representó solo una quinta parte del crecimiento económico (o sea, 20%, aproximadamente), mientras que el progreso en los Estados Unidos es equivalente a cuatro quintas partes, es decir, 80% (ver tabla 19). Sorprende que, en las décadas de los ochenta y noventa el progreso tecnológico haya sido negativo, así pues, el mayor esfuerzo recayó en la acumulación de capital y trabajo.

Tabla 18. Fuentes del crecimiento económico en Colombia 2005-2023

a. Método tradicional (capital y trabajo)							
Crecimiento del producto (PIB)	Crecimiento del capital físico	Crecimiento del trabajo	Productividad total de los factores				
$\Delta Y/Y$	$\alpha * \Delta K/K$	$(1-\alpha) * \Delta L/L$	$\Delta A/A$				
3,55%	1,49%	1,00%	1,06%				
b. Método alternativo (capital físico, tierra, energéticos y trabajo sectorial)							
Crecimiento del producto (PIB)	Crecimiento del capital físico (resto)	Crecimiento del factor tierra	Crecimiento recursos energéticos	Crecimiento del trabajo (resto)	Crecimiento del trabajo (tierra)	Crecimiento del trabajo (energéticos)	Productividad total de los factores
$\Delta Y/Y$	$\alpha * \Delta K/K$	$k * \Delta X/X$	$\varepsilon * \Delta E/E$	$(1-\alpha) * \Delta L/L$	$(1-\beta) * \Delta L/L$	$(1-\varepsilon) * \Delta L/L$	$\Delta A/A$
3,55%	1,26%	0,11%	0,07%	0,99%	0,05%	0,11%	1,06%

Fuente: elaboración propia con datos de las cuentas nacionales para el periodo 2005-2023 del DANE.

Tabla 19. Fuentes del crecimiento económico en Colombia 1950-2019

Periodo	ΔY	$a \cdot \Delta K$	$(1-a) \cdot \Delta L$	ΔA	$a \cdot \Delta K$	$(1-a) \cdot \Delta L$	ΔA
1950-1960	4,22%	2,58%	1,17%	0,46%	61,29%	27,71%	11,00%
1960-1970	5,13%	2,02%	1,69%	1,42%	39,41%	32,93%	27,67%
1970-1980	7,64%	2,21%	2,11%	3,32%	28,97%	27,58%	43,45%
1980-1990	2,01%	1,92%	1,74%	-1,65%	95,45%	86,30%	-81,75%
1990-2000	2,09%	1,46%	1,61%	-0,97%	69,59%	76,72%	-46,31%
2000-2010	5,17%	1,14%	1,89%	2,14%	22,10%	36,52%	41,38%
2010-2019	3,79%	1,75%	0,82%	1,22%	46,18%	21,70%	32,12%
1950-2019	4,29%	1,87%	1,57%	0,85%	43,57%	36,64%	19,79%

ΔY = Crecimiento del producto; ΔK = Crecimiento del capital; ΔL = Crecimiento del trabajo; α = Elasticidad del capital al producto; $(1-\alpha)$ = Elasticidad del trabajo al producto; ΔA = Productividad total de los factores (progreso tecnológico).

Fuente: elaboración propia con datos de Penn World Table 10.01.

La tabla 20 muestra la estimación de la productividad total de los factores (PTF) realizada por el DANE con base en las metodologías desarrolladas por la OCDE y LAKLEMS (2021). El cálculo de la PTF a través de estas metodologías se supone que es más preciso que el residuo de Solow, puesto que se utiliza como insumo en la negociación del salario mínimo mensual. La PTF promedio en el periodo 2005-2024 es negativa (-0,18), siendo la principal fuente de crecimiento de la economía colombiana, la acumulación de servicios de capital con 59,9% en comparación con los servicios del trabajo que contribuyen con el 57,6%. Por su parte, la media de la PTF fue negativa con -17,5%, es decir, la economía colombiana en el periodo señalado solo creció por acumulación de factores productivos, no por eficiencia económica como ocurre en las economías avanzadas.

Tabla 20. Fuentes del crecimiento económico en Colombia 2005-2024 según metodología OCDE

Año	Valor Agregado Bruto ¹	Servicios laborales	Servicios de capital	Contribución de los factores	Productividad Total de los Factores	Servicios laborales	Servicios de capital	Contribución de los factores	Productividad Total de los Factores
	Tasas de crecimiento volumen anual (%)	Aporte al crecimiento del valor agregado							
2005	4,7	3,47	1,55	5,02	-0,32	73,9%	32,9%	106,8%	-6,8%
2006	6,00	-0,47	2,24	1,77	4,23	-7,8%	37,3%	29,5%	70,5%
2007	6,12	6,0	2,8	8,81	-2,68	98,0%	45,8%	143,8%	-43,8%
2008	3,11	2,09	2,67	4,77	-1,66	67,3%	86,0%	153,3%	-53,3%
2009	1,32	0,34	2,04	2,38	-1,06	25,6%	154,9%	180,4%	-80,4%
2010	4,25	3,76	2,2	5,96	-1,71	88,5%	51,7%	140,2%	-40,2%
2011	6,49	3,0	3,03	6,03	0,46	46,3%	46,6%	92,9%	7,1%
2012	3,79	1,2	3,04	4,24	-0,45	31,6%	80,2%	111,9%	-11,9%
2013	5,19	1,87	2,86	4,72	0,46	36,0%	55,1%	91,1%	8,9%
2014	4,36	3,01	2,77	5,77	-1,41	69,0%	63,4%	132,4%	-32,4%
2015	3,08	0,48	1,83	2,31	0,77	15,6%	59,4%	75,0%	25,0%
2016	2,2	1,77	1,58	3,35	-1,16	80,8%	71,9%	152,8%	-52,8%
2017	1,35	-0,33	1,47	1,14	0,21	-24,4%	109,0%	84,6%	15,4%
2018	2,46	1,04	1,16	2,2	0,26	42,3%	47,0%	89,3%	10,7%

2019	3,02	1,45	1,31	2,76	0,26	48,0%	43,2%	91,2%	8,8%
2020	-7,53	-6,48	0,45	-6,04	-1,49	86,1%	-5,9%	80,2%	19,8%
2021	9,71	7,41	1,00	8,41	1,30	76,0%	10,1%	86,0%	14,0%
2022	6,08	4,40	1,55	5,94	0,13	72,5%	25,0%	97,5%	2,5%
2023 ^p	1,04	1,46	0,66	2,11	-1,07	238,9%	146,0%	384,9%	-284,9%
2024 ^{pr}	1,84	-0,22	0,70	0,48	1,36	-12,0%	38,1%	26,1%	73,9%
Media	3,43	1,76	1,84	3,61	-0,18	0,576	0,599	1,175	-0,175

Fuente: DANE, Cuentas Nacionales

¹Las tasas de variación son logarítmicas la agregación del total de la economía se hace a través de las estructuras del valor agregado por actividad económica.

P: Provisional; Pr: Preliminar

Ahora bien, el progreso tecnológico por rama de actividad económica no es muy distinto a la PTF registrada en términos generales. A partir de la aplicación de las metodologías de la OCDE y LAKLEMS (2021), salvo, los sectores de agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca; comercio, hoteles y restaurantes; transporte, almacenamiento y comunicaciones; y actividades de servicios sociales, comunales y personales, la PTF media de las demás ramas de actividad en la economía colombiana fue negativa. Sorprende que el progreso tecnológico en el sector de minería y extracción en el periodo 2005-2024 sea muy negativo con un valor medio de -2,14%. Asimismo, la PTF de las industrias manufactureras; la construcción; electricidad, gas y agua; e intermediación financiera, actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler presentan valores medios negativos de -0,62, -0,62, -0,20 y -1,11, respectivamente. Por cierto, la ineficiencia en la combinación de factores productivos en la rama de minería y extracción medida por medio de la PFT, confirma la dependencia de la economía colombiana de los recursos energéticos.

En definitiva, el crecimiento económico en Colombia se rige por los mismos patrones de los países en desarrollo: crecimiento dependiente de la acumulación de servicios de capital con escaso ahorro, un crecimiento de la población que duplica la tasa poblacional de los países desarrollados y baja eficiencia económica en el uso de los factores productivos, incluso, la PTF es negativa en la mayoría de las ramas de actividad económica (ver tabla 21).

Tabla 21. Productividad total de los factores por rama de actividad económica en Colombia 2005-2024

Año	Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	Minería y extracción	Industrias manufactureras	Electricidad, gas y agua	Construcción	Comercio, hoteles y restaurantes	Transporte, almacenamiento y comunicaciones	Intermediación financiera, actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	Actividades de servicios sociales, comunitarios y personales	Total
2005	-4,61	4,58	1,45	0,34	6,35	1,33	2,04	-3,46	-3,68	0,07
2006	2,73	-3,13	2,55	1,3	2,2	4,39	0,84	1,43	3,13	2,21
2007	2,32	-4,32	0,01	0,46	-0,76	0,12	-1,27	-5,52	-2,7	-1,39
2008	-2,89	-2,77	-1,34	-1,45	2,94	-0,31	-0,72	-3,13	1,42	-0,8
2009	-2,59	7,48	-2,24	-0,11	-1,27	-0,87	-4,61	1,78	0,54	-0,57
2010	-1,48	-1,44	-1,13	-1,78	-4,05	-0,6	1,4	-0,88	0,16	-0,93
2011	1,05	0,67	-0,31	-1,89	-1,8	1,57	2,36	-0,68	1,08	0,28
2012	1,95	-0,45	-0,87	-0,65	-1,59	0,59	0	-0,89	1,4	-0,16
2013	4,2	-2,02	-0,37	-0,23	2,74	1,43	3,09	-1,92	-0,36	0,31
2014	1,79	-7,47	-0,85	-1,25	0	1,95	-0,26	0,51	-1,68	-0,7
2015	2,76	-3,42	-1,02	-1,54	-0,7	3,51	-0,82	1,61	1,37	0,39
2016	1,26	-1,88	0,48	-1,41	-0,04	0,05	-0,21	-3,58	-0,29	-0,58
2017	1,41	-3,91	-0,74	-0,56	-1,31	1	0,48	-0,91	3,2	0,12

Capítulo 7. Los recursos naturales no renovables en Colombia:
¿Son un freno al crecimiento económico?

2018	0,97	-4,48	-0,12	-0,2	0,3	1,24	1,39	-0,06	0,48	0,16
2019	2,97	-1,08	-0,01	0,02	-2,16	0,06	0,07	0,11	1,23	0,14
2020	3,39	-8,48	-1,93	-0,88	-9,76	1,95	-1,07	0,68	2,26	-0,78
2021	1,2	-2,47	3,97	1,47	-2,71	6,42	0,36	-6,7	0,1	0,61
2022 ^p	-0,78	-1,16	-0,23	1,36	0,85	-0,09	2,58	0,08	-0,23	0,09
2023 ^p	0,67	-1,01	-5,86	0,94	-4,89	-5,85	-6,17	-1,1	4,21	-1,71
2023 ^{pr}	7,53	-6,00	-3,91	2,09	3,29	-0,50	2,98	0,38	4,49	1,36
Media	1,19	-2,14	-0,62	-0,20	-0,62	0,87	0,12	-1,11	0,81	-0,09

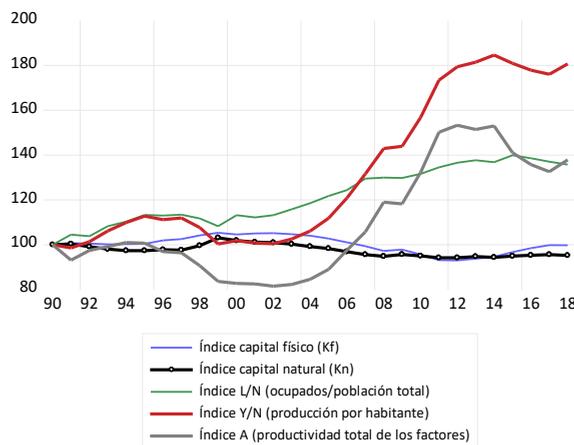
Fuente: DANE, Cuentas Nacionales

P: Provisional; Pr: Preliminar

La aplicación del modelo de Solow permite calcular un conjunto de índices que facilitan la evaluación del capital físico, el capital natural, los servicios del trabajo, el progreso tecnológico y el PIB per cápita. Mientras la producción por habitante creció de manera significativa durante lo corrido del siglo XXI, el progreso tecnológico se redujo a partir del inicio de la década de los ochenta hasta el año 2002, luego experimentó un leve repunte en el presente siglo. Es bien sabido, que el crecimiento económico colombiano es explicado esencialmente por acumulación de factores productivos, no por el cambio tecnológico en sí. En lo que respecta, al índice de capital natural (tierra y energéticos) muestra un ligero decrecimiento desde principios de la década del año 2000, aunque la brecha con el índice de capital físico es mínima (ver figura 19). Lo anterior demuestra que, el crecimiento económico colombiano depende en buena medida del sector primario y de los recursos energéticos extraídos del subsuelo.

Figura 19.

Comportamiento de los índices de capital físico, capital natural y progreso tecnológico en el modelo de Solow en Colombia 1990-2018.



Fuente: elaboración propia con datos de Penn World Table 10.01

Enseguida, siguiendo a Sorensen & Whita-Jacobsen (2008), se calculó la tasa de crecimiento económico del estado estacionario teniendo en cuenta que la relación capital-producto (K_t/Y_t) converge hacia un nivel constante en el estado estacionario, como lo muestra la ecuación (19).

$$g^y = \frac{\beta}{\beta+k+\varepsilon} * g - \frac{k+\varepsilon}{\beta+k+\varepsilon} * n - \frac{\varepsilon}{\beta+k+\varepsilon} * s_E \quad (19)$$

Dónde: g^y = tasa de crecimiento a largo plazo de la renta por trabajador; β = participación del trabajo en el producto; k = participación de la tierra en el producto; ε = participación de los recursos energéticos en el producto; g = tasa de crecimiento del progreso tecnológico; n = tasa de crecimiento poblacional; s_E = Tasa de extracción anual de recursos energéticos.

La ecuación (20) permite simular los efectos en la tasa de crecimiento económico derivados de cambios en las tasas de progreso tecnológico (g) y de crecimiento poblacional (n). De este modo, se obtiene una ecuación que permite combinar los efectos del progreso tecnológico, la dinámica poblacional y el nivel de extracción de los energéticos.

$$g^y = \frac{0,60}{0,60+0,05+0,03} * g - \frac{0,05+0,03}{0,60+0,05+0,03} * n - \frac{0,03}{0,60+0,05+0,03} * s_E \quad (20)$$

$$g^y = 0,88g - 0,12n - 0,04s_E$$

Reemplazando g por el valor obtenido en la Tabla 3 ($g = 1,06\%$) y calculamos la tasa de crecimiento poblacional del país en el periodo 2005-2023, esto es, $n = 1,19\%$, con una tasa anual de extracción de recursos energéticos de $0,5\%$, la tasa de crecimiento a largo plazo de la renta por trabajador, sería:

$$g^y = 0,88\% * 1,06\% - 0,12\% * 1,19\% - 0,04 * 0,5\%$$

$$g^y = 0,77\%$$

Ahora simularemos un caso extremo, donde los recursos energéticos se agotan totalmente y la aportación antes realizada por la actividad de explotación de minas y canteras es reemplazada por otra actividad económica con potencialidad; digamos, el turismo. Manteniendo la misma tasa de crecimiento de 3,55% con un factor tierra constante, pero con cero recursos energéticos, la economía podría crecer si se acumula más capital físico que compense la pérdida del capital natural representado en energéticos y, si la PTF que aumenta la eficiencia del trabajo, se incrementa de 29,9% a 31,5%. La nueva tasa de crecimiento a largo plazo de la renta por trabajador sin combustibles fósiles y minerales se obtiene de la ecuación (16), así:

$$g^y = \frac{0,60}{0,60+0,05+0,0} * g - \frac{0,05+0,0}{0,60+0,05+0,0} * n - \frac{0,00}{0,60+0,05+0,0} * s_E \quad (16)$$

$$g^y = 0,92g - 0,08n - 0,00s_E$$

Si tomamos una tasa de progreso tecnológico de 1,12% y mantenemos constante la tasa de crecimiento poblacional en 1,19%, la tasa de crecimiento a largo plazo de la renta por trabajador sería más alta, ésta pasaría de 0,77% a 0,94%, es decir, se elevaría en 22,4%.

$$g^y = [0,92\% * 1,12\%] - [0,08\% + 1,19\%] - [0,00 * 0,5\%]$$

$$g^y = 0,94\%$$

Este resultado podría ser consistente con los hallazgos encontrados por Nordhaus (1992) y lo expuesto por Sorensen & Whita-Jacobsen (2008) y Romer (2006), siempre y cuando, la tasa de crecimiento poblacional se mantenga constante y el progreso tecnológico sea igual o mayor de 1,0% (poco probable en Colombia). En el supuesto de que las existencias de recursos energéticos se vuelvan cero, la tasa de crecimiento de la población se mantenga en 1,19% y el progreso tecnológico sea de -0,18% como

promedio registrado en el periodo 2005-2024; en este escenario, la tasa de crecimiento a largo plazo de la renta por trabajador también sería negativa: de - 0,94%.

$$g^y = [0,92\% * - 0,18\%] - [0,08\% + 1,19\%] - [0,00 * 0,5\%]$$
$$g^y = - 0,94\%$$

Finalmente, la evidencia empírica para Colombia sugiere que, en ausencia de recursos naturales no renovables (combustibles fósiles), la tasa de crecimiento a largo plazo de la renta por trabajador podría aumentar, siempre y cuando, el progreso tecnológico sea igual o mayor que 1,0% y la tasa de crecimiento poblacional se mantenga en el nivel actual (más o menos en 1,2%). De acuerdo con la información disponible en la Tabla 19, la PTF media en Colombia en el periodo 2005-2024 fue de -0,18. De hecho, el crecimiento de la economía colombiana en este periodo se debió principalmente a la contribución de los factores productivos (servicios laborales con 57,6% y servicios del capital con 59,9%), los cuales aportaron en conjunto el 117,5% del valor agregado bruto, mientras que el aporte del progreso tecnológico fue negativo (-17,5%). A fin de cuentas, los recursos energéticos en Colombia se constituyen en una seria limitante de la tasa de crecimiento a largo plazo de la renta por trabajador; de manera que, estos recursos sí son un freno al crecimiento económico del país.

Reflexiones finales

La tierra y los recursos naturales como factores de producción recobran mayor trascendencia, si se interpretan en un sentido más amplio. La naturaleza no solo es proveedora de bienes económicos (petróleo, carbón, gas, minerales, extracción de madera, cultivos de uso comercial, productos cárnicos, etc.), sino también prestadora de servicios ecosistémicos que soportan la vida, a saber: la regulación del agua, la estabilización del clima, el control de inundaciones, la sostenibilidad de ecosistemas, para citar solo algunos. Indudablemente, los beneficios derivados de los servicios ambientales del ecosistema son trascendentales, pero sin prosperidad material las sociedades no tendrían acceso a la salud, a la educación, a una vida más prolongada; inclusive, a nuevas opciones de entretenimiento.

Es frecuente ver que los economistas ecológicos se refieran al crecimiento económico en tono crítico. Ellos suelen decir que, es imposible que un país crezca infinitamente en un planeta con recursos finitos. Vale aclarar que, si bien los factores productivos son finitos, la producción resultante de la combinación de capital físico, capital humano y capital natural, más el progreso tecnológico, también es limitada. El cambio técnico calculado como residuo de Solow está limitado por la cuantía y

calidad de los factores productivos (capital, trabajo, tierra, recursos naturales, tecnología y conocimiento), así como también por la eficiencia con que se combinen.

Ahora, consideremos que el crecimiento económico es el responsable directo del calentamiento global. Entonces, la solución más expedita al calentamiento global sería el decrecimiento económico, tal como lo recomiendan los economistas ecológicos. Si el empleo y el desempleo dependen de la producción, y de la producción depende del consumo y el ahorro, así como también el recaudo de impuestos directos e indirectos con los cuales se financia el funcionamiento del aparato estatal y los programas sociales dirigidos a la población vulnerable, entonces: ¿cómo es posible que la solución sea detener de tajo la producción y consumo? Algunos creerán que, si el problema es el capitalismo, siendo así, habría que reemplazarlo por un ecosocialismo del que no existe ninguna experiencia previa. Si esta fuera la solución mágica, se tendría que buscar entre una batería más amplia de opciones de sistemas políticos, económicos, sociales y ambientales inexistentes; ya que los intentos socialistas llevados a cabo a lo largo de la reciente historia mundial no han sido exitosos, ni siquiera para resolver la pobreza y el deterioro que no ha sido ajeno a los regímenes llamados socialistas.

En palabras de Wagner & Weitzman (2016), las sociedades inevitablemente deben recurrir al cambio tecnológico como estrategia para garantizar un modelo de desarrollo económico bajo en carbono y con mayor eficiencia energética. En ese sentido, la reorganización del activismo ecológico debe enfocarse hacia la exigencia de masificar la adopción de tecnologías limpias y renovables. Se recuerda que Colombia cuenta con ventajas geográficas importantes para desarrollar nuevas fuentes de

energía a partir del aprovechamiento de la radiación solar, la velocidad de los vientos, los ríos, los volcanes, la biomasa, entre otros. Solo bastaría encauzar los instrumentos financieros de MINCIENCIAS y del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías hacia la transformación de la matriz energética del país.

El crecimiento económico en Colombia, al igual que en cualquier otro país, no es infinito. El crecimiento en el país está limitado por el mandato constitucional conferido a la Junta Directiva del Banco de la República para garantizar una meta de inflación a largo plazo entre 2% y 4%, así como por las exigencias de la regla fiscal. Esta restricción legal hace que el PIB efectivo no pueda crecer por encima del PIB potencial ni por debajo de este, a fin de controlar las presiones inflacionistas que socavan la capacidad adquisitiva de la moneda. Efectivamente, un banco central como el colombiano cuenta con la capacidad institucional y el mandato constitucional y legal, para anteponer la estabilidad de precios, incluso, sobre otros objetivos de política económica cuando sea necesario. Dentro de la heterodoxia económica, este fenómeno ha sido llamado deflación competitiva, es decir, mantener una inflación baja para mejorar la competitividad internacional de las empresas.

Cuando los economistas ecológicos y los defensores del decrecimiento económico invocan la frase: *“Imposibilidad de sostener un crecimiento infinito en un planeta finito”*, en realidad, no se refieren de manera literal a que el crecimiento económico sea infinito dado que tanto los productores como los consumidores son finitos; asimismo, los factores productivos son escasos. No obstante, el mensaje que se quiere transmitir es que, la capacidad de soporte o resiliencia ecológica de los ecosistemas es limitada. Dicho en otras palabras, la Tierra no soporta una emisión

incontrolada de gases atmosféricos contaminantes y una desbordada producción de desechos.

Así pues, el mensaje que envían los economistas ecológicos a la humanidad es que, si se presiona a la biósfera el tiempo suficiente, esta responderá con mayores desórdenes climáticos, cuyas manifestaciones serán sequías más prolongadas, tormentas extremas, inundaciones, deshielo de los glaciares, acidificación de los mares, pérdidas de cosechas, incendios forestales, y un sinnúmero de fenómenos antrópicos que harán más difícil la vida de los seres humanos y otras especies vivas. Pero pese a estas advertencias, los líderes políticos a nivel mundial no han tomado conciencia de las reales consecuencias del calentamiento global. Posiblemente, se espera que las cosas se compliquen aún más para actuar.

El combate frontal al cambio climático no debe poner en riesgo la seguridad energética de ningún país. El conflicto bélico entre Rusia y Ucrania le dejó una gran lección a Europa Occidental: *no depender del gas natural ruso*. Infortunadamente en Colombia las decisiones apresuradas del presidente Gustavo Petro de negarse a explorar y explotar combustibles fósiles, aparte de las implicaciones económicas en materia de crecimiento económico discutidas en el séptimo capítulo de la presente obra, están a punto de dejar sin gas natural a los millones de hogares que lo utilizan a diario para cocinar. El gobierno nacional actual ha dejado entrever que, cuando las reservas de gas natural en el país se acaben, se acudirá a las importaciones, aunque aún no se sabe de qué país se importará y a qué costo se hará. La reflexión que subyace de este equivocado razonamiento es que, si el gas natural extraído del subsuelo colombiano es contaminante o venenoso, acaso el gas natural que Colombia importe en un momento determinado, dejará de ser

contaminante. En resumen, la quema de todo tipo de combustible fósil produce gases de efecto invernadero (GEI), por tanto, esta no es una justificación lógica para poner en riesgo la seguridad energética.

En este mismo orden de ideas, la administración de Gustavo Petro, quizás ha sido el gobierno más abanderado de la estrategia de apartarse de los combustibles fósiles para reducir la emisión de GEI. Si bien la reducción de las emisiones de carbono es una iniciativa loable para la reducción de los efectos del cambio climático global, una sola golondrina no hace verano. Esta noble iniciativa debe ser liderada por los países más contaminantes del mundo, a saber: China, Estados Unidos, India, Rusia y Japón. Si estas naciones verdaderamente estuvieran comprometidas con el Acuerdo de París, los impactos en la descarbonización de las economías serían sorprendentes. Fíjense que, Colombia ocupa el puesto 105 en el ranking de países con emisiones de carbono por habitante con 1,6 toneladas per cápita y una tasa de crecimiento anual media de apenas 0,11% en el periodo 1990-2024. Estas cifras hacen suponer que, aunque la biosfera es una sola, el aporte de la economía colombiana en términos de emisiones de gases contaminantes atmosféricos es bastante exiguo.

Dicho lo anterior, los esfuerzos que el país haga en materia de reducción de emisiones de carbono, así como el fiel cumplimiento de las metas de carbono-neutralidad en el año 2050 serán insuficientes, si el resto de países no hace exactamente lo mismo. Es preciso entender que, el cambio climático como lo subrayan Wagner & Weitzman (2016), está definido por cuatro características: “es global, a largo plazo, irreversible e incierto” (p. 26). Estos autores añaden que, es mucho más difícil que los países se impongan límites de contaminación asímimos a sabiendas de que los costos de la descontaminación se pagan a escala local (a nivel de cada país), mientras que los

beneficios son globales. Eso significa que, no es atractivo que los esfuerzos los hagan unos pocos países entretanto que los beneficios sean cosechados por todos. Eso es precisamente lo que ocurre hoy en Colombia.

Lo anterior deriva en un problema global de efecto polizón¹⁸ planetario: todos reclaman estabilidad climática pero no todos están dispuestos a desacoplar la producción de bienes y servicios de los combustibles fósiles. Aún así, la lucha contra el cambio climático según Wagner & Weitzman (2016), requerirá de un esfuerzo descomunal jamás visto. En virtud de lo expuesto, no sirve de mucho que Colombia sacrifique la seguridad energética y el bienestar de la colectividad nacional en aras de insistir en una iniciativa que, aunque es global y deseable, no cuenta con la intencionalidad de los líderes mundiales (todos quieren estabilidad climática pero sin decrecimiento económico). Este acto insensato se asemeja a arar en el mar.

Las investigaciones empíricas de corte ortodoxo apuntan a concluir que, si las tasas de progreso tecnológico y crecimiento poblacional observadas en largos periodos en las economías occidentales se mantienen en niveles apreciables (una PTF positiva y creciente, y una tasa de crecimiento poblacional baja), el crecimiento económico parece ser continuo, es decir, no entra en conflicto con el agotamiento de los recursos naturales. El modelo de Solow predice que, si las tasas de crecimiento poblacional son altas y la oferta de recursos naturales no renovables es limitada, entonces la producción y la renta per cápita no podrán crecer. Cabe

18 Llámese polizón al pasajero que viaja, pero sin pagar el boleto, es decir, aquella persona que viaja de gorra. Si se aplica este vocablo al cambio climático, esto debe ser entendido como aquellos gobernantes e individuos que quieren beneficiarse de la estabilidad climática sin cumplir ni siquiera las metas de descarbonización y carbono-neutralidad.

mencionar que, la situación de los países en desarrollo es distinta a la de los países desarrollados. Los recursos naturales no renovables (petróleo, carbón y gas natural) lejos de ser una maldición para los países pobres, son una «bendición». Igualmente, la tierra representada en el sector agropecuario y la exportación de materias primas (*commodities*) es, sumamente, importante para la prosperidad material.

En el caso colombiano, la evidencia empírica muestra que el crecimiento económico sí tiene límites. Estos límites están impuestos por el bajo o negativo progreso tecnológico que, en lo corrido del presente siglo arroja una tasa media de -0,18. De otra parte, los recursos energéticos aún son esenciales en el crecimiento a largo plazo de la renta por trabajador. Con todo esto, no cabe duda de que, el país puede avanzar gradualmente en la reconversión de la matriz energética y en el desarrollo de otras ramas de actividad económica menos contaminantes, por ejemplo, el turismo en sus distintas variantes; claro está que, esto tomará varias décadas en consolidarse. La pregunta que surge aquí, es: ¿cuánto tiempo tomará esto? La respuesta es: *nadie lo sabe*. Los resultados dependerán de la efectividad de las políticas públicas y de la continuidad de las mismas dentro de los planes de desarrollo de los sucesivos gobiernos de turno. Ahora bien, el desafío más inmediato está en el hecho de que, los partidos políticos y los gobernantes de turno logren concertar acuerdos y acciones por encima de sus ideologías partidistas y de los intereses económicos.

En la actualidad, un aspecto relevante del debate al interior de la comunidad científica y de la opinión pública es que, si el crecimiento económico es el culpable del cambio climático, o si el cambio climático es el determinante del crecimiento económico. Vale aclarar que, el cambio climático hace alusión a cambios de temperatura y patrones

meteorológicos a largo plazo, es decir, en el cambio climático no solo interviene la variabilidad de temperatura, sino también otras variables meteorológicas. Si bien la tasa de crecimiento de las emisiones de carbono explica una tercera parte de la tasa de crecimiento del PIB real, esta no es una proporción despreciable. De antemano se sabe que, en el crecimiento económico intervienen otras variables explicativas distintas a las fuentes de energía contaminantes derivadas de la quema de combustibles fósiles.

Dicho lo anterior, en el caso colombiano, las emisiones de gases contaminantes atmosféricos explican un poco más de la tercera parte del crecimiento económico representado en la producción y consumo de bienes y servicios, pero también el crecimiento económico explica un poco más de la tercera de las emisiones de carbono (GEI y carbono negro). A esto se añade que, las emisiones de carbono solo explican en un 12,2% la variación de la temperatura media. Como la economía del cambio climático sea sumamente complicada e imposible de abordar desde una única disciplina científica, Sorensen & Whita-Jacobsen (2008) recomiendan la combinación de conocimientos avanzados en ciencias naturales y economía para entender la real interacción entre economía y naturaleza.

Colombia se ha propuesto en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en específico del ODS # 13: Acción por el clima y en el cumplimiento de los compromisos del Acuerdo de París, reducir en un 51% las emisiones de GEI en el año 2030 y lograr la carbono-neutralidad en el año 2050. De seguro, estas acciones contribuirán a que el calentamiento global no supere el 1,5°C previsto como aumento máximo de temperatura media a nivel mundial, según las predicciones del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en 2018. Los pronósticos de las emisiones de carbono en Colombia

realizados en el presente libro muestran que el país no alcanzaría dicha meta en el año 2030. Con respecto a la meta de carbono-neutralidad en el año 2050, las cifras no parecen tender hacia la igualación de emisiones totales por módulo y absorciones totales por sumideros. Las absorciones totales tan solo representaron en el año 2021, el 7,5% de las emisiones totales de dióxido de carbono y metano. Por último, las variaciones de la temperatura media en el país han sido mínimas, en el periodo 1990-2024 tan solo fue de 0,03°C, o sea, muy inferiores a la meta global de 1,5°C.

La producción material incorpora recursos naturales no renovables (materia) y energía para concretar el proceso productivo. Como la materia y la energía no se destruyen, sino que se transforman, parte de la materia se convierte en desechos contaminantes y parte de la energía se transforma en energía disipada que queda suspendida en la atmósfera, haciendo que la Tierra se caliente. En realidad, el cambio climático global debe ser examinado como un efecto directo del calentamiento global, y el calentamiento global concebido como un aumento progresivo de la temperatura atmosférica es la consecuencia de las emisiones de carbono esparcidas en la atmósfera a causa de actividades productivas y no productivas.

Todos somos responsables en alguna medida del calentamiento global, sea por acción u omisión. Por ejemplo, cuando producimos y vendemos mercancías contaminamos; cuando usamos nuestro vehículo con motor de combustión interna para trasladarnos de un sitio a otro, también contaminamos; cuando consumimos carne de ganado en un platillo favorito, también contaminamos; cuando decidimos reemplazar nuestro viejo automóvil por una camioneta lujosa dotada de un motor de alto cilindraje, contaminamos aún más; cuando el gobierno nacional para

no perder popularidad mantiene los subsidios al combustible, como es el caso del diésel para el transporte de carga y el consumo de gasolina subsidiada en los departamentos fronterizos, se vuelve cómplice y financiador legal de la contaminación.

La evidencia empírica aportada en esta investigación sugiere que, el crecimiento económico no es el único causante de las emisiones contaminantes. Lo sorprendente es ver que, las emisiones de carbono (energía disipada) alientan el crecimiento económico y, este, a su vez, dinamiza las emisiones antropogénicas en una especie de círculo vicioso que se repetirá indefinidamente, hasta que la voluntad de la humanidad así lo permita. Por lo demás, la producción baja en carbono es posible, pero requiere de una genuina voluntad y cooperación a nivel planetario para vencer el efecto polizón. Además, es hora de que los mecanismos de la cooperación internacional norte-sur y sur-sur tanto bilaterales como multilaterales se orienten hacia el desarrollo de fuentes de energía sostenibles y renovables, así como al financiamiento de iniciativas de adaptación climática. Algo así: si no puedes con el enemigo, entonces únete a él.

Existen diferentes propuestas para hacer frente al cambio climático y para avanzar en la adaptación a sus efectos, por ejemplo, la modificación del calendario de siembras y cosechas, el desarrollo de semillas resistentes a las variaciones del clima, la fijación de impuestos al carbono, el desmonte absoluto de los subsidios a los combustibles fósiles, la mejora en la eficiencia energética, el desarrollo y difusión de tecnologías limpias, la movilidad eléctrica, la conformación de un club del carbono, inclusive, se ha planteado el uso de la bioingeniería química, por ejemplo, el esparcir millones de minúsculas partículas de azufre a la atmósfera para crear una especie de escudo artificial que enfríe el planeta, simulando la explosión de un volcán.

Si bien hay claridad y cierto consenso en las medidas a adoptar, el problema radica en el aplazamiento de las decisiones políticas que no quieren distanciarse de los intereses del gran capital. La reducción de emisiones de carbono requiere de la adopción de políticas enérgicas y deliberadas, como lo señala el informe Stern (2007). Así pues, el cambio climático requiere de una respuesta global inmediata y eso es, precisamente, lo que hasta la fecha no se ha logrado materializar. En suma, los derechos ambientales están subordinados por los intereses de las corporaciones multinacionales que controlan el gran capital. Es por esto que, el activismo ecológico que propone Klein (2014) es, sin duda, una valiosa oportunidad para que el poder pueda pasar de manos de la clase política hacia la sociedad civil, en procura de romper el conflicto entre capitalismo y clima.

Si bien el cambio climático como problema global está adecuadamente definido y sus causas y consecuencias correctamente identificadas, es momento de empoderarse de las acciones que den respuesta a la crisis ecológica. Ciertamente, Klein (2014) responsabiliza a las élites mundiales que protegen el capitalismo en contra del clima. Acusa a los dirigentes políticos, quienes, a pesar de arrogarse el poder y controlar las decisiones, prefieren mirar y resolver otro tipo de crisis sin importarles la sostenibilidad de la vida. Para esta autora, la solución está en el activismo social, es decir, en el poder popular en concordancia con lo propuesto por Martínez Alier (2021) y Merlinsky (2021).

En esa misma dirección, Burton & Somerville (2000) acusan al capitalismo de la degradación ecológica por su naturaleza autoexpansiva que convierte todo en mercancía y ganancia, impidiendo que la actividad económica se desacople totalmente de los combustibles fósiles. Para estos autores, los avances logrados a la fecha en materia de desacople parcial

en las economías desarrolladas son el resultado, en sí, de los esfuerzos y sacrificios realizados por los países pobres, no por el mundo desarrollado a quienes parece no importarles mucho lo ocurrido. Ahora bien, el activismo social que propone Klein (2014) debe ser de una magnitud tal que, haga que los organismos internacionales desplieguen todos sus esfuerzos y cuantiosas inversiones hacia la cooperación tecnológica para la instauración de un modelo de desarrollo económico bajo en carbono. Sin duda, este es un buen momento para repensar la viabilidad de la estrategia: *cambio de deuda externa por estabilidad climática*.

En cuanto al desacople absoluto de la actividad económica de los combustibles fósiles, aunque en algunos países como Colombia soplan algunos vientos de cambio, los avances son seriamente cuestionados por la escasa voluntad política mostrada por los líderes mundiales para emprender acciones enérgicas e inmediatas en contra del cambio climático. A este respecto, Vettese (2000) sostiene que, al interior del capitalismo existe una rivalidad entre capitales que riñen por la obtención de beneficios como un imperativo estructural del sistema, no como una mera opción. Dicho eso, no se puede confiar en que sean los grandes capitalistas, quienes tomen la decisión de decrecer por voluntad propia, a sabiendas de autoperjudicarse.

Finalmente, como se ve a lo largo de esta obra, el calentamiento global y el cambio climático son dos fenómenos mundiales instalados en el planeta Tierra desde hace mucho tiempo. Como la causa principal de estos fenómenos reside en las actividades humanas directa e indirectamente relacionadas con el crecimiento económico; en consecuencia, hay que actuar sobre la conducta humana para modificar los patrones de comportamiento. Por ejemplo, el uso del transporte público y la bicicleta,

el desmonte de los subsidios a los combustibles, la masificación de los vehículos eléctricos, o al menos, la adquisición de automotores de bajo cilindraje, el consumo responsable, el reciclaje, la economía circular, etc. En palabras de Martínez Alier (2021), una buena idea sería tocar la puerta del ecologismo de los pobres, quienes son y serán, sin duda, los más golpeados por la degradación ecológica. Solo piénsese en los millones de pescadores artesanales repartidos en todo el mundo que por tradición dependen de los recursos hidrobiológicos. Si esta fuente de la naturaleza se agota o se extingue, sus vidas cambiarán inexorablemente.

Referencias

Ariely, D. (2008). *Las trampas del deseo. cómo controlar los impulsos irracionales que nos llevan al error.* (F. J. Ramos, Trad.) Ariel. (Obra original publicada en 2008).

Banco Mundial (2025). Databank. <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PETR.RT.ZS?locations=CO>

Centro de Estudios para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2015). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible.* Publicaciones de Naciones Unidas. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/ca0445d3-e3f3-4f40-a5ff-057a9a34f016/content>

Centro de Estudios para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2024). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe, 2023: necesidades de financiamiento y herramientas de política para la transición hacia economías con bajas emisiones de carbono y resilientes al cambio climático.* <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/1a56dd6c-91ae-48c7-bd73-85fb343348dc/content>

- CEPALSTAT. (2024). *Bases de datos y publicaciones estadísticas*. https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=4461&area_id=732&lang=es
- Cigüenza Riaño, N. (Abril 2025). The Economist criticó las ‘promesas verdes’ del presidente Gustavo Petro *El Tiempo*. <https://www.el-tiempo.com/economia/sectores/the-economist-critico-las-promesas-verdes-del-presidente-gustavo-petro-3444017>
- Barro, R. J. (1998). Notes on Growth Accounting. *National Bureau of Economic Research Working Paper 6654*, 1-32. doi:10.3386/w6654
- Barro, R. J. & Sala-i-Martin, X. (2012). *Crecimiento económico*. (G. P. Apilancz, Trad.) Reverté. (Obra original publicada en 2004).
- Boulding, K. (1949). Income or Welfare. *Review of Economic Studies*, 17(2), 77-86.
- Boulding, K. (1945). The consumption concept in economic theory. *American Economic Review*, 35(2), 1-14.
- Boulding, K. (1966). The economics of the coming spaceship earth. En J. Henry, *Environmental Quality in a Growing Economy: Essays from the Sixth RFF Forum (RFF Environmental and Resource Economics Set)* (1st ed., págs. 1-14). Johns Hopkins University Press.
- Burton, M. & Somerville, P. (2000). Decrecimiento: Una defensa. En C. P. (ed.), *Decrecimiento vs Green New Deal* (J. A. Aldao, Trad.), págs. 119-132. Traficantes de Sueños.
- Cárdenas S., M. (2013). *Introducción a la economía colombiana* (3ra. ed.). Fedesarrollo - Alfaomega Colombiana S. A.

- Carpintero Redondo, O. (1999). *Entre la economía y la naturaleza. La controversia sobre la valoración monetaria del medio ambiente y la sustentabilidad del sistema económico*. Catarata.
- Coyle, D. (2017). *El producto interno bruto: Una historia breve pero entrañable*. (I. P. Hernández, Trad.) Fondo de Cultura Económica. (Obra original publicada en 2014).
- Daly, H. E. (1996). *Beyond Growth. The Economics of Sustainable Development*. Beacon Press.
- Daly, H. E. & Cobb Jr., J. B. (1997). *Para el bien común. Reorientando la economía hacia la comunidad, el ambiente y el futuro sostenible*. (E. L. Suárez, Trad.) Fondo de Cultura Económica. (Obra original publicada en 1989).
- Daly, H. (2000). Ecologías de escala. Entrevista de Benjamín Kunkel. En C. P. Campo, *Decrecimiento vs Green New Deal* (J. A. Aldao, Trad., págs. 25-56). Traficantes de Sueños.
- Demaria, F., Schneider, F., Sekulova, F. & Martínez Alier, J. (2013). What is Degrowth? From an Activist Slogan to a Social Movement. *Environmental Values*, 22(2), 191-215. doi:<https://doi.org/10.3197/096327113X135815617251>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2021). *Boletín técnico Matriz Insumo Producto (MIP) multiplicadores de empleo 2017*. <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/especiales/Boletin-matriz-insumo-producto-empleo-produccion-2017.pdf>

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2025). *Productividad total de los factores (PTF)*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/productividad>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2025). *Cuentas nacionales anuales*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-anuales>
- Escobar, A. (2014). *La invención del desarrollo* (Tercera ed.). Editorial Universidad del Cauca.
- Figueroa, A. (2013). Crecimiento económico y medio ambiente. *Revista CEPAL*, 109, 29-42. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/38298795-f6b6-437b-a0c5-fe48c83d4c9b/content>
- Galindo, L. M., Samaniego, J. L., Alatorre, J. E. & Ferrer Carbonell, J. (2014). *Reflexiones metodológicas del análisis del cambio climático. Una visión desde América Latina*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/3b8979be-f7b3-4dee-a1d3-448876a38bd9/content>
- Gasparini, L. (2022). *Desiguales. Una guía para pensar la desigualdad económica*. Edhasa.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press.
- Granger, C. W. (1980). Testing for causality: A personal viewpoint. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2, 329-352. doi:[https://doi.org/10.1016/0165-1889\(80\)90069-X](https://doi.org/10.1016/0165-1889(80)90069-X)

- Groningen Growth and Development Centre [GGDC] (2025). Penn World Table version 10.01. University of Groningen. <https://www.rug.nl/ggdc/productivity/pwt/>
- Heinz, K. (2007). *El estado del mundo. Contraperspectivas*. (I. M. C. Prieto del Campo, Trad.) Traficantes de sueños. (Trabajo original publicado en 2005).
- Hidalgo Villota, M. E. (2024a). Business cycles in Colombia: Stylized facts. *Tendencias*, XXV(2), 26-56. doi:<https://doi.org/10.22267/rtend.242502.253>
- Hidalgo Villota, M. E. (2024b). *La cuestión del trabajo en Colombia. Crisis en el trabajo y en los medios de subsistencia* (Primera ed.). Editorial Universidad de Nariño.
- Hidalgo Villota, M. E. (2024c). The dilemma between price stabilization and full employment in Colombian economic policy: Some contributions to the debate. *Lecturas de Economía*, 102, 1-22. doi:<https://doi.org/10.17533/udea.le.n102a352317>
- Hidalgo Villota, M. E., Tarapuez Chamorro, E. I. & Aristizábal Tamayo, J. M. (2025). De la desindustrialización a la tercerización de la economía colombiana: el empleo como gran perdedor. *Revista Sociedad y Economía*, 1(54), 1-22. <https://doi.org/10.25100/sye.v0i54.14346>
- Instituto de Hidrología, Meteorología Estudios Ambientales [IDEAM]. (2024). *Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Atmosféricas de Colombia*. <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZDZjkmz->

JiNGQtYTc3OC00NTI1LTgxZTAtZTcxZjA3ZWfkNDQzIiwidCI-6ImRlMmZmZmVklTYwYjgtNDJiMi1hNDY1LTAwZmVlMWRL-MDRiYSIsImMiOjR9&pageName=da3131a332d54acd5c19

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2007). *The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg1/>

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2022). *Cambio climático: mitigación del cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo III al sexto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf

Jevons, W. S. (2000). *El problema del carbón*. (J. M. Irueste, Trad.) Pirámide. (Obra original publicada en 1865).

Jones, C. I. (2000). *Introducción al crecimiento económico* (Primera ed.). (J. S. Pando, Trad.) Prentice Hall. (Obra original publicada en 1998).

Klein, N. (2014). *Capitalism vs. The Climate*. Penguin Random House Knopf Canada.

Kolbert, E. (2014). *The Sixth Extinction: An Unnatural History*. Henry Holt and Co.

National Aeronautics and Space Administration [NASA]. (2024, 6 de abril). *Las causas del cambio climático*. <https://ciencia.nasa.gov/cambio-climatico/causas/>

- Lafforgue, G. (2008). Stochastic technical change, non-renewable resource and optimal sustainable growth. *Resource and Energy Economics*, 30(4), 540-554. doi:<https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2008.07.001>
- Latouche, S. (2008). *La apuesta por el decrecimiento. ¿Cómo salir del imaginario dominante?* (P. Astorga, Trad.) Icaria. Antrazyt. (Obra original publicada en 2006).
- Latouche, S. (2007). *Sobrevivir al desarrollo. De la descolonización del imaginario económico a la construcción de una sociedad alternativa.* (P. A. Pérez, Trad.) Icaria.
- Latouche, S. & Harpagés, D. (2011). *La hora del decrecimiento.* (R. B. Alcázar, Trad.) Octaedro.
- Leff, E. (2017). Las relaciones de poder de conocimiento en el campo de la ecología política: una mirada desde el sur. En Alimonda, H., Toro P., C. & Martín, F. (Coords.). *Ecología política latinoamericana. Pensamiento crítico, diferencia latinoamericana y rearticulación epistémica* CLACSO. 1ra. ed. Vol. 1. https://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/gt/20171030111951/GT_Ecologia_politica_Tomo_I.pdf
- Le Gall, I. M. (2016). Emploi-chômage en Europe: des chemins difficiles pour sortir de l'imipasse. *Regards sur l'actualité*(224).
- Leonard, A. (2010). *La historia de las cosas. De cómo nuestra obsesión por las cosas está destruyendo el planeta, nuestras comunidades y nuestra salud. Y una visión del cambio.* Fondo de Cultura Económica.

- Maddison, A. (2003). *The World Economy. Historical Statistics*. OECD. doi:<https://doi.org/10.1787/9789264104143-es>
- Martínez Alier, J. (2021). *El ecologismo de los pobres. Conflictos ambientales y lenguajes de valoración* (6a. ed.). Icaria.
- Martínez Alier, J. & Roca Jusmet, J. (2013). *Economía ecológica y política ambiental* (3a ed.). Fondo de Cultura Económica.
- Max-Neef, M. (1986). *Economía descalza. Señales desde el mundo invisible*. (E. Lorca, Trad.) Editorial Nordan. (Obra original publicada en 1982).
- Max-Neef, M. (1994). *Desarrollo a escala humana. Conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones*. Icaria Editorial.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. & Behrens III, W. W. (1972). *The Limits to Growth. A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. A Potomac Associates Books.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L. & Randers, J. (1992). *Más allá de los límites del crecimiento*. (C. A. Schvartz, Trad.) Ediciones El País S.A. / Aguilar S.A. (Obra original publicada en 1991).
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. & Behrens III, W. W. (1972). *The limits to growth*. Universe Book.
- Meadows, D. H., Randers, J. & Meadows, D. L. (2004). *The Limits to Growth: The 30-year Update*. Earthscan.
- Meadows, D., Meadows, D. & Randers, J. (1992). *Beyond the Limits: Confronting Global Collapse, Envisioning a Sustainable Future*. Chelsea Green Pub.

- Meadows, D., Meadows, D. & Randers, J. (2012). *Les limites à la croissance: Dans un monde fini*. Harmonia Mundi.
- Merlinsky, G. (2021). *Toda ecología es política. Las luchas por el derecho al ambiente en busca de alternativas de mundos*. Siglo Veintiuno Editores Argentina S. A.
- Ministerio del Medio Ambiente de Colombia [MINAMBIENTE]. (2024). *Colombia, el segundo país más biodiverso del mundo, celebra el Día Mundial de la Biodiversidad*. <https://www.minambiente.gov.co/colombia-el-segundo-pais-mas-biodiverso-del-mundo-celebra-el-dia-mundial-de-la-biodiversidad/#:~:text=mayo%2021%2C%202019-,Colombia%2C%20el%20segundo%20pa%C3%ADs%20m%C3%A1s%20biodiverso%20del%20mundo%2C%20celebra%20el,D%C3%A>
- Neira, A. (Enero 2025). ¿Por qué el presidente Petro se unió a un tratado con tan exóticos países? *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/politica/gobierno/por-que-el-presidente-petro-se-unio-a-un-tratado-con-tan-exoticos-paises-832240>
- Nordhaus, W. (2013). *The Climate Casino: Risk, Uncertainty, and Economics for a Warming World*. Yale University Press.
- Nordhaus, W. D. (1992). Lethal Model 2: The Limits to Growth Revisited en William C. Brainard & George L. Perry (eds.): *Brookings Papers on Economic Activity*. *Brookings Papers on Economic Activity*(1), 1-59. https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/1992/06/1992b_bpea_nordhaus_stavins_weitzman.pdf

- Okun, A. M. (1962). Potential GNP: Its Measurement and Significance. *American Statistical Association: Proceedings of the Business and Economic Statistics Section*, 98-104.
- Organización Meteorológica Mundial [OMM]. (2018). *Los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera alcanzan un nuevo récord*. <https://wmo.int/es/news/media-centre/los-niveles-de-gases-de-efecto-invernadero-en-la-atmosfera-alcanzan-un-nuevo-record>
- Polanyi, K. (2007). *La gran transformación. Crítica del liberalismo económico*. (J. V. Álvarez-Uría, Trad.). Fondo de Cultura Económica. (Obra original publicada en 1944).
- Pollin, R. (2000). Decrecimiento vs Nuevo New Deal Verde. En C. P. (ed.), *Decrecimiento vs Green New Deal* (J. A. Aldao, Trad., págs. 89-117). Traficantes de Sueños.
- Prieto del Campo, C. (2000). *Decrecimiento vs Green New Deal*. (J. A. Aldao, Trad.) New Left Review en español y Traficantes de sueños. (Obra original publicada en 2000).
- Rawls, J. (1971). *A Theory of Justice*. Harvard University Press.
- Ray, D. (2002). *Economía del desarrollo*. (M. E. Rabasco, Trad.) Antoni Bosch editor. (Obra original publicada en 1998).
- Registro Único Nacional de Tránsito [RUNT]. (2024) Boletín de prensa 005 de 2024. <https://www.runt.gov.co/busqueda-runt?keyword=parque+automotor+Colombia>

- Riechmann, J. (1999). *Necesitar, desear, vivir. Sobre necesidades, desarrollo humano, crecimiento económico y sustentabilidad* (Segunda ed.). Libros de la Catarata.
- Rodrik, D. (2000). Crecimiento económico o reducción de la pobreza: Un vano debate. *Finanzas & Desarrollo. Fondo Monetario Internacional*, 8-9. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/spa/2000/12/pdf/rodrik.pdf>
- Rodrik, D. (2013). The Past, Present and Future of Economic Growth. *Global Citizen Foundation* (Working Paper 1), 1-58.
- Romer, D. (2006). *Macroeconomía avanzada* (Tercera ed.). (G. Trinidad, Trad.) Mc Graw Hill. (Obra original publicada en 1996).
- Romm, J. J. (2022). *Climate Change: What Everyone Needs to Know* (Third ed.). Oxford University Press.
- Sala i Martín, X. (2000). *Apuntes de crecimiento económico*. (2a. ed.). (E. V. Artadi, Trad.) Antoni Bosch Editor S. A. (Trabajo original publicado en 1994).
- Sala i Martín, X. (2016). *Economía en colores*. Conecta.
- Shakespeare, W. (2012). *El mercader de Venecia*. (L. A. Marin, Trad.) Alianza Editorial. (Obra original publicada en 1600).
- Smith, A. (1958). *Investigación sobre la naturaleza y causa de la riqueza de las naciones* (2a. ed.). (G. Franco, Trad.) Fondo de Cultura Económica. (Obra original publicada en 1776).

- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Solow, R. M. (1957). Technical change and the aggregate production function. *The Review of Economics and Statistics*, 39(3), 312-320.
- Solow, R. M. (1974). Intergenerational Equity and Exhaustible Resources. *The Review of Economic Studies*, 41(5), 29–45. doi:<https://doi.org/10.2307/2296370>
- Solow, R. M. (2018). *La teoría del crecimiento. Una exposición* (3ª ed.). (R. R.-M. Suárez, Trad.) Fondo de Cultura Económica. (Obra original publicada en 1970).
- Sorensen, P. B. & Whita-Jacobsen, H. J. (2008). *Introducción a la macroeconomía avanzada. Volumen I: Crecimiento económico*. (E. Rabasco, Trad.) McGraw Hill. (Obra original publicada en 2005).
- Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review* (1st edition ed.). Cambridge University Press.
- Stern, N. (2008). The Economics of Climate Change. *American Economic Review*, 98(2), 1-37. doi:10.1257/aer.98.2.1
- Stern, N. (2013). The Structure of Economic Modeling of the Potential Impacts of Climate Change: Grafting Gross Underestimation of Risk onto Already Narrow Science Models. *Journal of Economic Literature*, 51(3), 838–859.
- Stiglitz, J. E. (2000). *La economía del sector público* (3a ed.). (M. E. Toharia, Trad.) Antoni Bosch editor. Trabajo original publicado en 1986.

- Urrutia, M. (2013). *Crecimiento económico colombiano en el siglo XX* (1a ed.). Fondo de Cultura Económica.
- Vettese, T. (2000). Congelar el Támesis. Geoingeniería natural y biodiversidad. En C. P. (ed.), *Decrecimiento vs. Green New Deal* (J. A. Aldao, Trad., págs. 57-88). Traficantes de Sueños.
- Wagner, G. & Weitzman, M. L. (2016). *Shock climático. Consecuencias económicas del calentamiento global*. Antoni Bosch editor. (Obra original publicada en 2015).
- Wallace-Wells, D. (2019). *The uninhabitable earth: life after warming*. Tim Duggan Books.

Anexos

Anexo 1.

Salidas de resultados de las estimaciones econométricas mediante MCO

Modelo 1. Regresión emisiones de carbono contra PIB real

Dependent Variable: TC_PIB_TOTAL
Method: Least Squares
Date: 03/02/25 Time: 11:23
Sample (adjusted): 1991 2024
Included observations: 34 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.075577	0.536923	3.865691	0.0005
TC_CO2TOTAL	0.792871	0.186585	4.249385	0.0002
R-squared	0.360732	Mean dependent var	3.188112	
Adjusted R-squared	0.340755	S.D. dependent var	3.366446	
S.E. of regression	2.733349	Akaike info criterion	4.905955	
Sum squared resid	239.0783	Schwarz criterion	4.995741	
Log likelihood	-81.40123	Hannan-Quinn criter.	4.936574	
F-statistic	18.05727	Durbin-Watson stat	1.691645	
Prob(F-statistic)	0.000173			

Modelo 3. Regresión Emisiones de carbono por habitante contra PIB real per cápita

Dependent Variable: TC_PIB_PERCAP
Method: Least Squares
Date: 03/02/25 Time: 13:01
Sample (adjusted): 1991 2024
Included observations: 34 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.694893	0.531949	3.186197	0.0032
TC_CO2_PERC	0.301101	0.116535	2.583793	0.0145
R-squared	0.172613	Mean dependent var	1.761438	
Adjusted R-squared	0.146757	S.D. dependent var	3.354001	
S.E. of regression	3.098129	Akaike info criterion	5.156496	
Sum squared resid	307.1488	Schwarz criterion	5.246282	
Log likelihood	-85.66043	Hannan-Quinn criter.	5.187116	
F-statistic	6.675987	Durbin-Watson stat	1.886017	
Prob(F-statistic)	0.014543			

Modelo 5. Regresión emisiones de carbono del sector energía contra el PIB real

Dependent Variable: TC_PIB_TOTAL
Method: Least Squares
Date: 03/02/25 Time: 13:08
Sample (adjusted): 1991 2024
Included observations: 34 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.280565	0.479169	4.759414	0.0000
TC_CO2_ENER	0.460511	0.093551	4.922568	0.0000
R-squared	0.430926	Mean dependent var	3.188112	
Adjusted R-squared	0.413142	S.D. dependent var	3.366446	
S.E. of regression	2.578922	Akaike info criterion	4.789642	
Sum squared resid	212.8268	Schwarz criterion	4.879428	
Log likelihood	-79.42392	Hannan-Quinn criter.	4.820262	
F-statistic	24.23167	Durbin-Watson stat	1.677755	
Prob(F-statistic)	0.000025			

Modelo 2. Regresión PIB real contra emisiones de carbono

Dependent Variable: TC_CO2TOTAL
Method: Least Squares
Date: 03/02/25 Time: 18:28
Sample (adjusted): 1991 2024
Included observations: 34 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.047322	0.492552	-0.096074	0.9241
TC_PIB_TOTAL	0.454970	0.107067	4.249385	0.0002
R-squared	0.360732	Mean dependent var	1.403173	
Adjusted R-squared	0.340755	S.D. dependent var	2.550127	
S.E. of regression	2.070548	Akaike info criterion	4.350526	
Sum squared resid	137.1893	Schwarz criterion	4.440312	
Log likelihood	-71.95894	Hannan-Quinn criter.	4.381145	
F-statistic	18.05727	Durbin-Watson stat	2.621355	
Prob(F-statistic)	0.000173			

Modelo 4. Regresión PIB real per cápita contra emisiones de carbono por habitante contra

Dependent Variable: TC_CO2_PERC
Method: Least Squares
Date: 03/02/25 Time: 19:19
Sample (adjusted): 1991 2024
Included observations: 34 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.788780	0.830797	-0.949425	0.3495
TC_PIB_PERCAP	0.573273	0.221873	2.583793	0.0145
R-squared	0.172613	Mean dependent var	0.221005	
Adjusted R-squared	0.146757	S.D. dependent var	4.627938	
S.E. of regression	4.274879	Akaike info criterion	5.800411	
Sum squared resid	584.7869	Schwarz criterion	5.890197	
Log likelihood	-96.60699	Hannan-Quinn criter.	5.831031	
F-statistic	6.675987	Durbin-Watson stat	2.502846	
Prob(F-statistic)	0.014543			

Modelo 6. Regresión PIB real contra emisiones de carbono del sector energía

Dependent Variable: TC_CO2_ENER
Method: Least Squares
Date: 03/02/25 Time: 19:24
Sample (adjusted): 1991 2024
Included observations: 34 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1.012553	0.874513	-1.157849	0.2555
TC_PIB_TOTAL	0.935755	0.190095	4.922568	0.0000
R-squared	0.430926	Mean dependent var	1.970738	
Adjusted R-squared	0.413142	S.D. dependent var	4.798800	
S.E. of regression	3.676200	Akaike info criterion	5.498659	
Sum squared resid	432.4622	Schwarz criterion	5.588444	
Log likelihood	-91.47720	Hannan-Quinn criter.	5.529278	
F-statistic	24.23167	Durbin-Watson stat	2.121296	
Prob(F-statistic)	0.000025			

Modelo 7. Regresión Emisiones CO2 sec- tor procesos industriales contra PIB real

Dependent Variable: TC_PIB_TOTAL
Method: Least Squares
Date: 03/02/25 Time: 13:13
Sample (adjusted): 1991 2024
Included observations: 34 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.024638	0.647681	3.125980	0.0038
TC_CO2_PROC	0.242477	0.080980	2.994286	0.0053
R-squared	0.218860	Mean dependent var	3.188112	
Adjusted R-squared	0.194449	S.D. dependent var	3.366446	
S.E. of regression	3.021470	Akaike info criterion	5.108386	
Sum squared resid	292.1369	Schwarz criterion	5.196172	
Log likelihood	-84.80856	Hannan-Quinn criter.	5.137006	
F-statistic	8.965751	Durbin-Watson stat	1.819827	
Prob(F-statistic)	0.005271			

Modelo 8. Regresión Emisiones CO2 sec- tor procesos industriales contra PIB real

Dependent Variable: TC_CO2_PROC
Method: Least Squares
Date: 03/02/25 Time: 19:27
Sample (adjusted): 1991 2024
Included observations: 34 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.920694	1.386746	1.385036	0.1756
TC_PIB_TOTAL	0.902598	0.301440	2.994286	0.0053
R-squared	0.218860	Mean dependent var	4.798278	
Adjusted R-squared	0.194449	S.D. dependent var	6.495064	
S.E. of regression	5.829482	Akaike info criterion	6.420756	
Sum squared resid	1087.451	Schwarz criterion	6.510542	
Log likelihood	-107.1528	Hannan-Quinn criter.	6.451375	
F-statistic	8.965751	Durbin-Watson stat	2.393628	
Prob(F-statistic)	0.005271			

Modelo 9. Regresión tasa de crecimiento emisiones CO2 contra Temperatura media.

Dependent Variable: VAR_TEMP_MED
Method: Least Squares
Date: 03/02/25 Time: 13:21
Sample (adjusted): 1991 2024
Included observations: 34 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.040583	0.069646	-0.582712	0.5642
TC_CO2TOTAL	0.051035	0.024202	2.108660	0.0429
R-squared	0.121999	Mean dependent var	0.031027	
Adjusted R-squared	0.094562	S.D. dependent var	0.372604	
S.E. of regression	0.354549	Akaike info criterion	0.821083	
Sum squared resid	4.022563	Schwarz criterion	0.910869	
Log likelihood	-11.95841	Hannan-Quinn criter.	0.851702	
F-statistic	4.446447	Durbin-Watson stat	1.771584	
Prob(F-statistic)	0.042893			

Fuente: elaboración propia.

Anexo 2.

Salidas de resultados de la aplicación test de causalidad de Granger (1980)

Modelos 1 y 2. Regresión emisiones de carbono contra PIB real

Pairwise Granger Causality Tests
Date: 02/20/25 Time: 22:48
Sample: 1990 2024
Lags: 2

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
DCO2_TOTAL_COL does not Granger Cause TC_PIB_TOTAL	32	0.19217	0.8263
TC_PIB_TOTAL does not Granger Cause DCO2_TOTAL_COL		0.83216	0.4460

Modelo 3 y 4. Regresión emisiones por persona contra PIB real per cápita

Pairwise Granger Causality Tests
Date: 02/20/25 Time: 22:50
Sample: 1990 2024
Lags: 2

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
DCO2_PER_COL does not Granger Cause TC_PIB_PERCAP	32	0.23735	0.7903
TC_PIB_PERCAP does not Granger Cause DCO2_PER_COL		1.02815	0.3712

Modelos 5 y 6. Regresión emisiones de carbono del sector energía contra PIB real

Pairwise Granger Causality Tests
Date: 03/06/25 Time: 22:50
Sample: 1990 2024
Lags: 2

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
TC_CO2_ENER does not Granger Cause TC_PIB_TOTAL	32	0.65551	0.5272
TC_PIB_TOTAL does not Granger Cause TC_CO2_ENER		0.27392	0.7625

Modelos 7 y 8. Regresión emisiones de carbono del sector procesos industriales contra PIB real

Pairwise Granger Causality Tests
Date: 03/06/25 Time: 22:54
Sample: 1990 2024
Lags: 2

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
TC_CO2_PROC does not Granger Cause TC_PIB_TOTAL	32	1.04913	0.3641
TC_PIB_TOTAL does not Granger Cause TC_CO2_PROC		0.08584	0.9180

Modelo 9. Regresión emisiones de carbono contra temperatura media

Pairwise Granger Causality Tests

Date: 02/20/25 Time: 22:53

Sample: 1990 2024

Lags: 2

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
DCO2_PER_COL does not Granger Cause VAR_TEMP_MED	32	1.22969	0.3082
VAR_TEMP_MED does not Granger Cause DCO2_PER_COL		3.69073	0.0383

Fuente: elaboración propia.

Anexo 3. Emisiones y absorciones de GEI en Colombia (Kt CO₂eq), 2021

Fuentes y sumideros de GEI	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	Mezcla no específica de HFC y PFC	SF ₆	NF ₃	Total
Total emisiones netas	186.498,09	75.752,29	13.433,41	4.218,30	0,26	NO	199,63	NO	280.101,98
1. Energía	83.173,09	7.224,33	1.213,13						91.610,55
1.A. Combustión de combustibles	80.783,71	2.351,15	1.204,39						84.339,25
1.A.1. Industrias energéticas	19.553,97	10,2	29,7						19.593,86
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	13.343,63	68,89	122,5						13.535,02
1.A.3. Transporte	41.149,39	263,68	757,52						42.170,58
1.A.4. Otros sectores	6.736,73	2.008,38	294,68						9.039,79
1.A.5. Otros	NO	NO	NO						NO
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	2.389,38	4.873,19	8,74						7.271,31
1.B.1. Combustibles sólidos	97,37	2.225,99	NA,NE						2.323,36

1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones procedentes de la producción de energía.	2.292,02	2.647,19	8,74																4.947,94
1.C. Transporte y almacenamiento de CO ₂	NO																		NO
2. Procesos industriales y uso de productos	6.666,65	7,05	629,57	4.218,30	0,26	NO	NO	NO	199,63	NO	11.721,47								
2.A. Industria mineral	5.186,30	NO	NO																5.186,30
2.B. Industria química	484,85	6,74	629,57	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1.121,17
2.C. Industria metalúrgica	971,76	0,31	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	972,06
2.D. Productos no energéticos procedentes de combustibles y uso de disolventes	23,75	NA,NO	NA,NO																23,75
2.E. Industria electrónica			NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F. Usos de productos como sustitutos de SAO				4.218,30	0,26	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	4.218,56

2.G. Fabricación y uso de otros productos	NO	NO	NE,NO	NO	NE, NO	NO	199,63	NO	199,63
2.H. Otros	NA, NO	NA, NO	NA, NO	NO	NO	NO	NA, NO	NO	NO
3. Agricultura	271,73	46.963,33	10.722,78					57.957,85	
3.A. Fermentación entérica		44.504,73						44.504,73	
3.B. Gestión del estiércol		1.937,56	1.097,29					3.034,85	
3.C. Cultivo del arroz		521,05						521,05	
3.D. Suelos agrícolas		NA	9.625,49					9.625,49	
3.E. Quema prescrita de sabanas		IE	IE					IE	
3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo		IE	IE					IE	
3.G. Encalado	54							54	
3.H. Aplicación de urea	217,73							217,73	
3.I. Otros fertilizantes que contienen carbono	NE							NE	
3.J. Otros	NE	NE	NE					NE	

4. Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura	96.009,24	477,78	116,04	96.603,06
4.A. Tierras forestales	57.796,85	38,17	11,71	57.846,73
4.B. Tierras de cultivo	-1.869,35	373,53	104,04	-1.391,79
4.C. Pastizales	36.989,89	0,26	0,29	36.990,44
4.D. Humedales	1.742,58	65,82	NE,NO	1.808,41
4.E. Asentamientos	96,82		NE	96,82
4.F. Otras tierras	883,58			883,58
4.G. Productos madereros	368,87			368,87
4.H. Otros	NO	NO	NO	NO
5. Residuos	377,37	21.079,79	751,89	22.209,05
5.A. Eliminación de residuos sólidos		11.682,54		11.682,54
5.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos		NE	NE	NE
5.C. Incineración y quema al aire libre de residuos	377,37	182,99	22,95	583,31
5.D. Tratamiento y vertido de aguas residuales		9.214,25	728,94	9.943,20

5.E. Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
6. Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Memo items:										
1.D1. Bunkeres internacionales	414,27	0,61	2,53							417,41
1.D1.a. Aviación	294,86	0,26	1,57							296,69
1.D1.b. Navegación	119,41	0,35	0,96							120,72
1.D2. Operaciones multilaterales	IE	IE	IE							IE
1.D3. Emisiones de CO ₂ de la biomasa	33.130,53									33.130,53
1.D4. CO ₂ capturado	NO									NO
5.F1. Almacenamiento a largo plazo de C en vertebrados	NO									NO
N ₂ O indirecto										
CO ₂ indirecto	NE									
Emisiones totales de CO ₂ equivalente sin LULUCF 183.498,92										
Emisiones totales equivalentes de CO ₂ con LULUCF 280.101,98										
Emisiones totales equivalentes de CO ₂ , incluido el CO ₂ indirecto, sin LULUCF 183.498,92										
Emisiones totales equivalentes de CO ₂ , incluido el CO ₂ indirecto, con LULUCF 280.101,98										

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Atmosféricas de Colombia. IDEAM (2024).

Anexo 4. Reporte de emisiones de contaminantes criterio y carbono negro en Colombia, 2021

Sector		Kt							
Agregación NFR	Código NFR	Nombre	Gases				Material particulado		
			NO _x	CO-VDM	SO ₂	CO	PM ₁₀	PM _{2,5}	CN
TOTAL EMISIONES 2021			388,25	659,8	504,44	1.927,67	223,56	194,93	28,97
A_Energía pública	1.	ENERGÍA	312,8	470,6	500,5	1.761,20	187,8	175,1	27,5
A_Energía pública	1A.	Actividades de quema de combustible	306,72	409,5	486,9	1.755,89	183,94	173,87	27,22
A_Energía pública	1.A.1.	Industrias de la energía	31,74	0,71	157,66	8,13	12,77	8,83	2,47
A_Energía pública	1.A.1.a.	Electricidad pública y producción de calor	16,66	0,25	139,04	3,51	0,44	0,23	0,01
B_Industria	1.A.1.b.	Refinación de petróleo	4,68	0,17	0,02	1,35	0,06	0,06	0,01
B_Industria	1.A.1.c.	Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	10,4	0,28	18,6	3,27	12,28	8,54	2,45
B_Industria	1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción	64,02	34,42	308,41	153,57	25,09	23,89	5,34
B_Industria	1.A.2.a.	Hierro y acero	2,66	1,13	31,88	9,9	1,22	1,13	0,08
B_Industria	1.A.2.b.	Metales no ferrosos	0,53	0,17	0	0,21	0,01	0,01	0
B_Industria	1.A.2.c.	Productos químicos	2,25	1,78	16,02	7,1	1,1	1,05	0,17
B_Industria	1.A.2.d.	Pulpa, papel e imprenta	3,62	1,6	47,39	14,54	1,8	1,67	0,11

B_Industria	1.A.2.e.	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	11,88	23,73	70,78	61,75	12,83	12,42	2,96
B_Industria	1.A.2.f.	Minerales no metálicos	8,52	3,95	125,24	38,21	4,79	4,43	0,3
B_Industria	1.A.2.g.	Combustión en industrias manufactureras y de la construcción: Otras fuentes	34,55	2,05	17,09	21,86	3,33	3,2	1,72
I_Fuera de ruta	1.A.2.gvii.	Combustión en industrias manufactureras y de la construcción: Otras fuentes móviles	30,39	1,15	0,09	15,95	2,51	2,44	1,6
B_Industria	1.A.2.gviii.	Combustión en industrias manufactureras y de la construcción: Otras fuentes estacionarias	4,16	0,9	17	5,91	0,81	0,76	0,11
H_Aviación	1.A.3.	Transporte	185,75	255,63	6,23	914,8	14,21	12,64	4,25
H_Aviación	1.A.3.a.	Aviación civil	3,15	0,24	0,21	4,56	0,02	0,02	0,01
H_Aviación	1.A.3.ai.	Aviación civil internacional	0,95	0,03	0,06	0,7	0,01	0,01	0
H_Aviación	1.A.3.ai(i).	Aviación civil (Internacional, LTO)	0,95	0,03	0,06	0,7	0,01	0,01	0
H_Aviación	1.A.3.a.ii.	Aviación civil nacional	2,2	0,2	0,16	3,86	0,02	0,02	0,01
H_Aviación	1.A.3.a.ii(i).	Aviación civil (Doméstico, LTO)	2,2	0,2	0,16	3,86	0,02	0,02	0,01
F_Transporte terrestre	1.A.3.b.	Transporte terrestre	174,87	254,01	4,29	906,07	13,91	12,36	4,17
F_Transporte terrestre	1.A.3.bi.	Transporte terrestre: Vehículos de pasajeros	15,99	27,73	1,91	289,05	0,26	0,26	0,13

F_ Transporte terrestre	1.A.3.bj3.	Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales	5,16	9,46	0,6	73,6	0,05	0,05	0,02
F_ Transporte terrestre	1.A.3.bj4.	Automóviles servicio público	8,21	15,25	1,08	152,43	0,09	0,09	0,04
F_ Transporte terrestre	1.A.3.bj5.	Camperos	2,62	3,02	0,24	63,03	0,12	0,12	0,08
F_ Transporte terrestre	1.A.3.bii.	Transporte terrestre: Vehículos ligeros	8,98	4,38	0,36	54,99	0,32	0,32	0,23
F_ Transporte terrestre	1.A.3.biii3.	Camionetas	8,98	4,38	0,36	54,99	0,32	0,32	0,23
F_ Transporte terrestre	1.A.3.biii.	Transporte terrestre: Vehículos pesados y buses	133,07	5,89	0,6	72,18	5,87	5,87	3,05
F_ Transporte terrestre	1.A.3.biii1.	Buses	46,75	1,92	0,2	36,08	3,96	3,96	2,01
F_ Transporte terrestre	1.A.3.biii2.	Camiones y volquetas	49,49	2,64	0,26	29,07	1	1	0,56
F_ Transporte terrestre	1.A.3.biii3.	Tractocamiones	36,83	1,32	0,14	7,03	0,91	0,91	0,48
F_ Transporte terrestre	1.A.3.biv.	Transporte terrestre: Motocicletas	16,84	216,01	1,42	489,85	4,11	4,11	0,64
F_ Transporte terrestre	1.A.3.biv1.	Motos	16,84	216,01	1,41	489,85	4,11	4,11	0,64
F_ Transporte terrestre	1.A.3.biv2.	Otros	152,08	1,95	0,01	IE	IE	IE	IE
F_ Transporte terrestre	1.A.3.bv.	Emissiones por evaporación procedentes de vehículos	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA
F_ Transporte terrestre	1.A.3.bvi.	Desgaste de neumáticos y frenos	NA	NA	NA	NA	2,14	1,14	0,12

F_Transporte terrestre	1.A.3.bvii.	Desgaste de vías	NA	NA	NA	1,21	0,65	NA
I_Fuera de ruta	1.A.3.c.	Ferrocarriles	1,36	0,12	0	0,04	0,04	0,02
G_Navegación	1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	6,37	1,27	1,72	0,24	0,22	0,04
G_Navegación	1.A.3.dii.	Navegación marítima y fluvial nacional	6,37	1,27	1,72	0,24	0,22	0,04
I_Fuera de ruta	1.A.3.e.	Otro tipo de transporte	NA	NA	NA	NA	NA	NA
I_Fuera de ruta	1.A.3.ei.	Transporte por gasoductos	NA	NA	NA	NA	NA	NA
I_Fuera de ruta	1.A.3.eii.	Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA
C_Combustión estacionaria: Otros	1.A.4.	Otros sectores	25,21	118,75	14,61	131,87	128,51	15,16
C_Combustión estacionaria: Otros	1.A.4.a.	Comercial/Institucional	1,42	0,44	0,01	0,01	0,01	0
C_Combustión estacionaria: Otros	1.A.4.ai.	Comercial/Institucional: Estacionaria	1,42	0,44	0,01	0,01	0,01	0
I_Fuera de ruta	1.A.4.a.ii.	Comercial/Institucional: Móviles	NE	NE	NE	NE	NE	NE
C_Combustión estacionaria: Otros	1.A.4.b.	Residencial	12,02	93,96	10,4	118,42	115,32	13,07
C_Combustión estacionaria: Otros	1.A.4.bi.	Residencial: Estacionaria	12,02	93,96	10,4	118,42	115,32	13,07
I_Fuera de ruta	1.A.4.bii.	Residencial: Móviles	NE	NE	NE	NE	NE	NE

C_ Combustión estacionaria: Otros	1.A.4.c.	Agricultura/Silvicultura/ Pesca	11,77	24,35	4,19	48,1	13,44	13,18	2,09
C_ Combustión estacionaria: Otros	1.A.4.ci.	Agricultura/Silvicultura/ Pesca: Estacionaria	8,77	24,22	4,18	46,27	13,2	12,95	1,93
I_ Fuera de ruta	1.A.4.cii.	Agricultura/Silvicultura/ Pesca: Vehículos fuera de ruta y otra maquinaria	2,99	0,13	0,01	1,82	0,23	0,23	0,16
I_ Fuera de ruta	1.A.4.ciii.	Agricultura/Silvicultura/ Pesca: Pesca nacional	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
Otras Fuentes	1.A.5.	Otras fuentes	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
C_ Combustión estacionaria: Otros	1.A.5.A.	Estacionaria	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
I_ Fuera de ruta	1.A.5.b.	Móviles	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
D_ Fugitivas	1.B.	Emissiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	6,07	61,06	13,57	5,29	3,86	1,22	0,32
D_ Fugitivas	1.B.1.	Combustibles sólidos	0	47,36	0	1,88	3,08	0,54	0,07
D_ Fugitivas	1.B.1.a.	Minería carbonífera y manejo del carbón	NA	47,33	NA	NA	2,48	0,3	NE
D_ Fugitivas	1.B.1.b.	Transformación de combustibles sólidos	0	0,03	0	1,88	0,6	0,25	0,07
D_ Fugitivas	1.B.1.c.	Otras emisiones fugitivas de combustibles sólidos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
D_ Fugitivas	1.B.2.	Petróleo y gas natural	6,06	13,7	13,56	3,41	0,78	0,67	0,25
D_ Fugitivas	1.B.2.a.	Petróleo	4,64	11,91	11,98	1,74	0,19	0,08	0

D_Fugitivas	1.B.2.ai.	Exploración, producción y transporte	NA	8,05	NE	NA	NA	NA	NA
D_Fugitivas	1.B.2.aiv.	Refinación y almacenamiento	4,64	3,86	11,98	1,74	0,19	0,08	NA
D_Fugitivas	1.B.2.av.	Distribución de productos de petróleo	NA	NE	NE	NA	NA	NA	NA
D_Fugitivas	1.B.2.b.	Gas natural (exploración, producción, procesamiento, transmisión, almacenamiento, distribución y otros)	NA	1,34	NE	NA	NA	NA	NA
D_Fugitivas	1.B.2.c.	Ventilación y quema	1,43	0,45	1,58	1,67	0,59	0,59	0,25
D_Fugitivas	1.B.2.d.	Otras emisiones fugitivas de producción de energía	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.	PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	4,64	122,64	2,51	2,51	6,38	3,16	0,09
B_Industria	2.A.	Industria de los minerales	NE	NE	NE	NE	5,81	2,76	0,07
B_Industria	2.A.1.	Producción de cemento	NE	NE	NE	NE	2,09	1,16	0,03
B_Industria	2.A.2.	Producción de cal	NE	NE	NE	NE	0,72	0,14	0
B_Industria	2.A.3.	Producción de vidrio	NE	NE	NE	NE	0,19	0,15	0
B_Industria	2.A.5.	Otra industria	0	0	0	0	2,81	1,3	0,04
B_Industria	2.A.5.a.	Cantería y minería de minerales diferentes al carbón	NE	NE	NE	NE	2,09	1,16	0,03
B_Industria	2.A.5.b.	Construcciones y demoliciones	NE	NE	NE	NE	0,72	0,14	0

B_Industria	2.A.5.c.	Almacenamiento, manejo y transporte de productos minerales	NE	NE	NE	NE	0,19	0,15	0
B_Industria	2.A.6.	Otros productos minerales	NA						
B_Industria	2.B.	Industria química	4,1	2,5	1,56	0,18	0,05	0,02	0
B_Industria	2.B.1.	Producción de amoniaco	0,1	NE	NE	0,01	NA	NE	NA
B_Industria	2.B.2.	Producción de ácido nítrico	3,16	NA	NA	NA	NA	NE	NA
B_Industria	2.B.3.	Producción de ácido adípico	NA						
B_Industria	2.B.5.	Producción de carburo	NA						
B_Industria	2.B.7.	Producción de ceniza de sosa	NA						
B_Industria	2.B.10..	Otros	0,84	2,5	1,56	0,17	0,05	0,02	0
B_Industria	2.B.10.a.	Otra industria química	0,84	2,5	1,56	0,17	0,05	0,02	0
B_Industria	2.B.10.b.	Almacenamiento, manejo y transporte de productos químicos	IE						
B_Industria	2.C.	Industria de los metales	0,12	0,06	0,09	0	0,17	0,13	0,01
B_Industria	2.C.1.	Producción de hierro y acero	0,12	0,06	0,05	0	0,07	0,05	0
B_Industria	2.C.2.	Producción de ferroaleaciones	NE	NE	NE	NE	0,11	0,08	0,01
B_Industria	2.C.3.	Producción de aluminio	NA						
B_Industria	2.C.4.	Producción de magnesio	NA						
B_Industria	2.C.5.	Producción de plomo	NE	NE	0,04	NE	0	0	NE

B_Industria	2.C.6.	Producción de zinc	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.C.7.	Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.C.7.a.	Producción de cobre	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.C.7.b.	Producción de níquel	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.C.7.c.	Producción de otros metales	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.C.7.d.	Almacenamiento, manejo y transporte de otros metales	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.D.	Uso de solventes y productos	NE	70,79	NE	NE	NA	NE	NE	NE
B_Industria	2.D.3.	Uso de solventes	NE	70,79	NE	NE	NE	NE	NE	NE
B_Industria	2.D.3.a.	Uso doméstico de solventes, incluidos fungicidas	NA	18,61	NA	NA	NA	NA	NE	NA
B_Industria	2.D.3.B.	Pavimentación de vías con asfalto	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE	NA
B_Industria	2.D.3.c.	Cubierta de asfalto	NE	NE	NA	NE	NE	NE	NE	NE
B_Industria	2.D.3.D.	Aplicación de revestimiento	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.D.3.e.	Desengrasantes	NA	15,77	NA	NA	NA	NA	NE	NA
B_Industria	2.D.3.F.	Limpieza en seco	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NE	NA
B_Industria	2.D.3.g.	Productos químicos	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
B_Industria	2.D.3.h.	Impresión	NA	14,41	NA	NA	NA	NA	NE	NE
B_Industria	2.D.3.i.	Otro uso de solventes y productos	NE	22	NE	NE	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.H..	Otros	0,43	49,29	0,85	2,34	0,34	0,26	0,01	0,01

B_Industria	2.H.1..	Industria de pulpa y papel (Kraft)	0,43	0,85	0,85	2,34	0,34	0,26	0,01
B_Industria	2.H.2..	Industria de la alimentación y bebidas	NA	48,44	NA	NA	NE	NE	NE
B_Industria	2.H.3.	Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.I.	Procesamiento de madera	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
B_Industria	2.K.	Consumo de contaminantes orgánicos persistentes y metales pesados	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.L.	Otra producción, consumo, almacenamiento, transporte o manipulación de productos a granel	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
K_Agricultura y ganadería	3.	AGRICULTURA	66,94	31,24	0,94	125,76	23,72	11,03	0,94
K_Agricultura y ganadería	3.B.	Gestión de estiércol	4,04	25,64	NA	NA	4,51	0,52	NA
K_Agricultura y ganadería	3.B.1.	Total ganado bovino	0,15	2,07	NA	NA	0,16	0,11	NA
K_Agricultura y ganadería	3.B.1.a.	Ganado bovino lechero	0,15	2,07	NA	NA	0,16	0,11	NA
K_Agricultura y ganadería	3.B.1.b.	Ganado bovino no lechero	0	0	NA	NA	0	0	NA
K_Agricultura y ganadería	3.B.2.	Ovinos	0	0	NA	NA	0	0	NA
K_Agricultura y ganadería	3.B.3.	Porcinos	0,34	3,44	NA	NA	0,34	0,02	NA

K_Agricultura y ganadería	3.B.4.	Otros	3,55	20,13	0	0	4,01	0,4	0
K_Agricultura y ganadería	3.B.4.a.	Búfalos	0	0,09	NA	NA	0,01	0,01	NA
K_Agricultura y ganadería	3.B.4.d.	Caprinos	0	0,18	NA	NA	0,02	0,01	NA
K_Agricultura y ganadería	3.B.4.e.	Caballos	0,06	0,97	NA	NA	0,05	0,03	NA
K_Agricultura y ganadería	3.B.4.f.	Mulas y asnos	0,01	0,05	NA	NA	0,01	0	NA
K_Agricultura y ganadería	3.B.4.g.	Aves	3,48	18,84	NA	NA	3,92	0,35	NA
K_Agricultura y ganadería	3.B.4.gi.	Gallinas ponedoras	0,63	7,47	NA	NA	1,81	0,14	NA
K_Agricultura y ganadería	3.B.4.gii.	Pollos engorde	2,84	11,37	NA	NA	2,11	0,21	NA
L_Agricultura – Otros	3.D.	Producción de cultivos y suelos agrícolas	58,56	4,67	NA	NA	8,46	0,33	NA
L_Agricultura – Otros	3Da.	Suelos agrícolas	58,56	NA	NA	NA	NE	NE	NA
L_Agricultura – Otros	3.D.a.1.	Fertilizantes inorgánicos	14,81	NA	NA	NA	NE	NE	NA
L_Agricultura – Otros	3Da2.A.	Estiércol de ganado aplicado a suelos	1,22	NA	NA	NA	NA	NA	NA
L_Agricultura – Otros	3.D.a.3. .	Orina y estiércol depositados por el pastoreo del ganado	42,52	NA	NA	NA	NA	NA	NA

L_Agricultura – Otros	3.D.c..	Operaciones agrícolas	NA	NA	NA	NA	NA	8,46	0,33	NA
L_Agricultura – Otros	3.D.e..	Cultivos en pie	NA	4,67	NA	NA	NA	NA	NA	NA
L_Agricultura – Otros	3.F.	Quema de residuos agrícolas en cultivos	4,34	0,94	0,94	125,76	10,75	10,18	0,94	0,94
J_Residuos	5.	RESIDUOS	3,89	35,35	0,53	38,22	5,66	5,66	0,39	0,39
J_Residuos	5.A.	Eliminación de desechos sólidos	NA	20,09	NA	NE	0	0	0	NA
J_Residuos	5.B.	Tratamiento biológico de los desechos sólidos	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
J_Residuos	5.B.1.	Compostaje	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
J_Residuos	5.B.2.	Biogás de digestión anaeróbica	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
J_Residuos	5.C.	Incineración e incineración abierta de desechos	3,89	15,26	0,53	38,22	5,66	5,66	0,39	0,39
J_Residuos	5.C.1.	Incineración de desechos	0,13	0,18	0,03	0,01	0	0	0,02	0,02
J_Residuos	5.C.1.a.	Incineración de residuos municipales	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
J_Residuos	5.C.1.b.	Incineración de residuos industriales, incluidos residuos peligrosos y lodos	0,13	0,18	0,03	0,01	0	0	0,02	0,02
J_Residuos	5.C.2.	Incineración abierta de desechos	3,76	15,08	0,5	38,2	5,66	5,66	0,38	0,38
J_Residuos	5.C.2.A.	Incineración abierta de desechos domésticos	3,76	15,08	0,5	38,2	5,66	5,66	0,38	0,38

J_ Residuos	5.D.	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	NA	0	NA	NE	NE	NE	NE
J_ Residuos	5.D.1.	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	NA	NE	NA	NA	NE	NE	NE
J_ Residuos	5.D.2.	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	NA	0	NA	NA	NE	NE	NE
J_ Residuos	5.E.	Otros	NE						

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Atmosféricas de Colombia. IDEAM (2024).

Lista de tablas

Tabla 1.	
Estaciones climáticas por departamento consideradas en la toma de información de temperatura mínima, media y máxima.....	48
Tabla 2.	
Datos de temperatura analizados en Colombia 1983-2024	54
Tabla 3.	
Validez econométrica de los modelos utilizados	57
Tabla 4.	
Estadísticos principales de las variables incorporadas en los modelos econométricos.....	59
Tabla 5.	
Evolución del PIB en Colombia 1950-2019	75
Tabla 6.	
Evolución del PIB en Colombia y en Estados Unidos 1950-2019.....	76
Tabla 7.	
Consumo por tipo de bienes de los hogares en Colombia 2005-2023	114
Tabla 8.	
Gasto de consumo final de los hogares en Colombia 2005-2023....	115
Tabla 9.	
Emisiones de dióxido de carbono (millones de toneladas equivalentes - mtCO ₂ e) 1990-2024.....	166

Tabla 10.	Emisiones de dióxido de carbono a nivel mundial, en América Latina y en Colombia 2020-2024 y proyección 2030-2100. .170
Tabla 11.	Estadísticos de las tasas de crecimiento anual de emisiones de CO ₂ y PIB real en Colombia 1990-204 y proyección 2025-2050. 171
Tabla 12.	Estadísticos de las variables incorporadas a los modelos analizados..173
Tabla 13.	Modelos lineales estimados.....176
Tabla 14.	Comportamiento de las temperaturas mínima, media y máxima en Colombia 1990-2024 y predicciones 2030, 2050 y 2100. .188
Tabla 15.	Temperatura mínima, media y máxima por departamentos 1990-2024.....190
Tabla 16.	Variaciones en grados centígrados de las temperaturas mínima, media y máxima por décadas en Colombia 1990-2024.193
Tabla 17.	Participación de los recursos naturales en el valor agregado total en Colombia 2005-2023.....211
Tabla 18.	Fuentes del crecimiento económico en Colombia 2005-2023215

Tabla 19.

Fuentes del crecimiento económico en Colombia 1950-2019 ...216

Tabla 20.

Fuentes del crecimiento económico en Colombia 2005-2024
según metodología OCDE.....217

Tabla 21.

Productividad total de los factores por rama de actividad
económica en Colombia 2005-2024220

Lista de figuras

Figura 1.	
PIB efectivo y PIB potencial en Colombia 1950-2019.....	65
Figura 2.	
Fluctuaciones cíclicas del PIB real en Colombia 1950-2019.....	68
Figura 3.	
Fluctuaciones cíclicas del PIB y del empleo en la economía colombiana 1950-2019.....	85
Figura 4.	
Tasas de crecimiento del producto nacional real, pobreza monetaria y desigualdad en Colombia 1980-2022.	90
Figura 5.	
Clasificación sectorial de la economía colombiana, año 2017....	96
Figura 6.	
Comportamiento histórico del PIB real, consumo privado y emisiones de carbono en Colombia 1950-2019 y 1990-2024.	112
Figura 7.	
Tendencia de las emisiones de GEI por módulo en Colombia 1990-2021	161
Figura 8.	
Tendencia de las emisiones totales de GEI en Colombia 1990-2021..	161

Figura 9.	Participación promedio histórica en las emisiones de GEI por módulo en Colombia 1990-2021.....	162
Figura 10.	Contribución sectorial en las emisiones de contaminantes, criterio y carbono negro en Colombia, 2021.....	163
Figura 11.	Emisiones de dióxido de carbono (millones de toneladas equivalentes (mtCO ₂ e) 1990-2024 y proyección 2025-2100. ..	168
Figura 12.	Tasa de crecimiento anual de emisiones de dióxido de carbono en Colombia 1990-2024 y proyección 2025 – 2100.....	169
Figura 13.	Crecimiento económico y emisiones de carbono en Colombia 1990-2024	180
Figura 14.	Crecimiento económico y emisiones de carbono per cápita en Colombia 1990-2024	183
Figura 15.	Comportamiento de las temperaturas mínima, media y máxima en Colombia 1990-2024	192
Figura 16.	Variaciones en grados centígrados de las temperaturas mínima, media y máxima en Colombia 1990-2024.....	193

Figura 17.	
Comportamiento histórico de las ramas de actividad económica vinculadas con recursos energéticos en Colombia 1960-2023..	200
Figura 18.	
Relación entre el crecimiento e inversión en Colombia 1950-2019	205
Figura 19.	
Comportamiento de los índices de capital físico, capital natural y progreso tecnológico en el modelo de Solow en Colombia 1990-2018.....	222

Acerca del autor

Economista por la Universidad de Nariño, Especialista en Finanzas Públicas por la ESAP, Especialista en Gerencia de Proyectos por la Universidad del Cauca en convenio con la Universidad de Nariño, Magíster en Políticas Públicas por la Universidad del Valle y Doctor en Administración y Política Pública por la Universidad Nacional de Córdoba (República Argentina).

Profesor Asociado adscrito al Departamento de Economía de la Universidad de Nariño, Colombia. Investigador reconocido por el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de MINCIENCIAS y miembro del Grupo de Investigación en Economía, Gobierno y Políticas Públicas de la Universidad de Nariño. Ocupó los siguientes cargos en la Universidad de Nariño: Director del Centro de Estudios de Desarrollo Regional (CEDRE), Director de la Oficina de Planeación y Desarrollo y Director del Departamento de Economía.

Es autor de los libros: El uso de la econometría básica, El economista en la sociedad y la Cuestión del trabajo en Colombia publicados por la Editorial de la Universidad de Nariño en los años 2020, 2022 y 2024, respectivamente. Coautor de los libros: Los consumos culturales en

América Latina. Evoluciones históricas, irrupción de lo digital y contextos pospandemia - volumen 2, publicado por la Universidad de las Artes (Guayaquil, Ecuador), la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (CDMX) y la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) en el año 2024 y El árbol de la innovación. Frutos novedosos al alcance de sus manos, publicado por la Editorial Kinesis (Armenia, Colombia) en el año 2024. Además, es autor y coautor de un número considerable de artículos académicos publicados en revistas nacionales indexadas de acceso abierto.

èditorial
Universidad de **Nariño**

¿CRECIMIENTO ECONÓMICO O ESTABILIDAD CLIMÁTICA?

Reflexiones para Colombia

Año de publicación: 2025
San Juan de Pasto - Nariño - Colombia

Una vez finalizada la Segunda Guerra Mundial, los países occidentales dirigieron sus esfuerzos institucionales y de política económica hacia la consecución de la prosperidad material como principal indicador de bienestar. No obstante, a comienzos de la década de 1970, tras tres decenios de crecimiento económico continuo en los países industrializados, surgieron con fuerza los problemas ambientales como consecuencia de los altos niveles de producción y consumo nunca antes registrados. Fue en ese momento cuando la comunidad científica, los economistas ecológicos y los activistas ambientales, perplejos ante lo ocurrido, comenzaron a referirse a este fenómeno con la expresión: «*crecimiento infinito en un planeta con recursos naturales finitos*».

¿Crecimiento económico o estabilidad climática? Reflexiones para Colombia es una obra académica que examina el vínculo entre dos fenómenos de indiscutible interés global. Por un lado, el crecimiento económico como fuente de reproducción material de la vida (alimento, salud, educación, vestido, transporte, vivienda, entretenimiento, etc.); y por otro, el medio ambiente como proveedor de recursos naturales y prestador de servicios ecosistémicos (agua, aire, suelo, materias primas, regulación, entre otros). La pregunta que plantea el título de este libro sugiere una aparente disyuntiva, la cual es analizada detenidamente, mediante evidencia empírica que respalda la necesidad de avanzar hacia un modelo de desarrollo económico bajo en carbono.

Los hallazgos de esta investigación, así como las consideraciones finales presentadas al cierre del manuscrito, evidencian que las interacciones entre el desempeño económico y la naturaleza son complejas, dada la multiplicidad de interrelaciones que se manifiestan en distintas direcciones. En ese sentido, el crecimiento económico en Colombia se explica en parte —y de forma positiva— por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI); aunque también podría afirmarse que dichas emisiones están parcialmente determinadas por el crecimiento económico. A su vez, las emisiones de GEI explican parte de la variabilidad de la temperatura media, la cual determina el calentamiento global. En suma, el cambio climático es un fenómeno antropogénico sumamente complejo, vinculado con alteraciones de la temperatura media y otros patrones meteorológicos de largo plazo, tales como la precipitación, la radiación solar, la humedad relativa y la velocidad del viento. Por ello, su modelación econométrica resulta difícil y controvertida.

Cabe señalar, además, que el crecimiento económico en Colombia depende en buena medida de los recursos naturales no renovables. Si se detiene su exploración y explotación como lo ha planteado el actual gobierno nacional, entonces la tasa de crecimiento a largo plazo de la producción y la renta por trabajador se verán afectadas negativamente, debido al rápido crecimiento demográfico y a un cambio tecnológico insuficiente.

