

LAS TEORÍAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO APLICADAS EN AMÉRICA LATINA Y LA ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS AMBIENTALES

Prof. Edgardo S. Salaverry

Mg. María Inés Botana

FaHCE UNLP

edgardosalaverry@hotmail.com

RESUMEN

El Cambio Climático (CC) constituye la alteración del clima a escala global como consecuencia de las altas emisiones y concentraciones de Gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. El estudio de este fenómeno por parte de la comunidad científica conlleva la aplicación de modelos y fórmulas estandarizadas que otorgan fundamentos a distintas teorías cuyos valores cuantitativos, sistematizan datos normalizados que dan cuenta de los impactos del CC en distintos espacios, sin considerar las características particulares que hacen a los distintos ambientes.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar algunas teorías sobre CC aplicadas en América latina, poniendo en debate el nivel de representatividad de los resultados alcanzados dada la generalidad de los modelos utilizados y arbitrariedad en la elección de las variables consideradas.

La estructura del trabajo cuenta de tres partes: la primera presenta la importancia del estudio del CC a escala global y en América latina; la segunda describe algunas teorías de CC aplicadas en la región, analizando las variables consideradas y desestimadas en los modelos teniendo en cuenta la dinámica ambiental. Cabe destacar que el abordaje del tema reviste la indagación, sistematización, revisión y análisis bibliográfico, junto a la observación de datos, poniendo en diálogo y tensión los distintos fundamentos teóricos.

La investigación del CC en América latina desde estas teorías se centra en los impactos fundamentalmente económicos del fenómeno, relegando factores sociales, políticos, culturales, sistémicos y naturales que hacen a la dinámica del ambiente.

Palabras claves: Cambio climático, teorías, adaptabilidad y mitigación

1. EL CAMBIO CLIMÁTICO COMO FENÓMENO GLOBAL

El Cambio Climático (CC) se define como *“el cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”* (CMNU, 1992: art. 1)¹. Este fenómeno que está afectando todo el planeta, tiene sus impactos en todos los ambientes como consecuencia del incremento en la acumulación de Gases de efecto invernadero (GEI), emitidos por las actividades humanas.

El IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático, con sus siglas en inglés) aseguró en el año 2017 que la principal causa de los incrementos de la temperatura global del planeta tiene su origen en las actividades antropogénicas, particularmente aquellas relacionadas con el uso de combustibles fósiles y la deforestación de selvas y bosques.

¹ Convención Marco de las Naciones Unidas, 1992 es también conocida como “Convención de Río” llevada a cabo en Río de Janeiro, Brasil.

El “efecto invernadero” (ver Fig. 1) es un fenómeno natural provocado por la atmósfera que regula la pérdida y absorción de calor en el denominado balance de radiación que favorece el origen de la Biósfera.

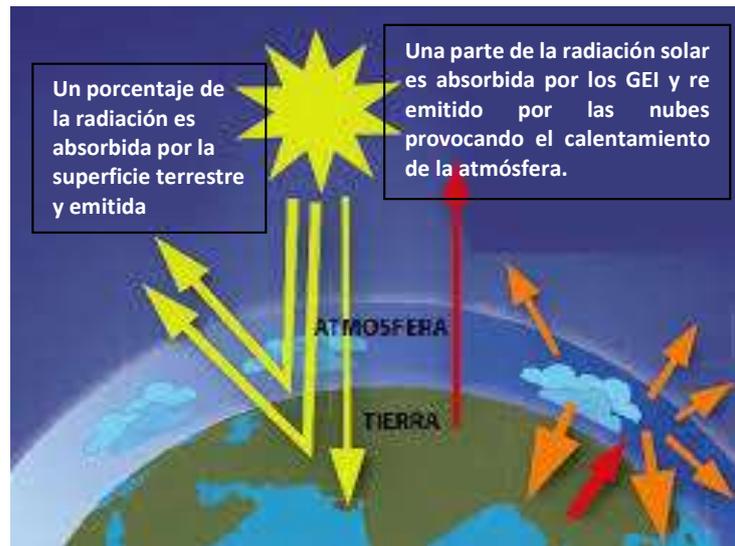


Figura 1: Efecto invernadero. Fuente: IPCC, 2017

El aumento de la emisión de GEI a partir de la segunda mitad del siglo XX como consecuencia del desarrollo industrial y el impulso al consumo masivo de combustibles fósiles, constituye un punto de partida en el incremento de la temperatura sin precedentes en la evolución climática del planeta. Esto trajo como consecuencias la disminución de los recursos hídricos, el aumento de la frecuencia de fenómenos hidrológicos extremos, como así también un marcado detrimento de la biodiversidad como consecuencias de la destrucción y alteración de la cubierta vegetal, la contaminación de mares y océanos; debido al avance de las actividades económicas bajo un nuevo paradigma de producción capitalista.

Según la activista mexicana María José Cárdenas, el incremento de la concentración de los GEI en general ha sido más que significativa; pero investigaciones científicas revelan que el Dióxido de Carbono (CO₂) como el gas más representativo ha mostrado un aumento del 30% en los últimos dos siglos. La mayor parte de las emisiones antropogénicas de CO₂ (alrededor del 75%) proviene de la quema de combustibles fósiles para la producción de energía y el transporte; mientras que el porcentaje restante se debe de la deforestación y la quita de la cubierta vegetal (Cárdenas, 2010: 3).

El CC como fenómeno global viene mostrando una multiplicidad de alteraciones climáticas que se diferencian de los eventos que hacen a la Variabilidad Climática. Es conveniente subrayar que han existido variaciones climáticas desde el origen de la Tierra hasta la actualidad y es por ello que el clima, entendido como sistema, constituye el estado cambiante de la atmósfera cuya dinámica afecta de manera diferencial los distintos espacios de la superficie terrestre.

La Variabilidad Climática como concepto, se refiere a la modificación o transformación de las condiciones del clima durante determinados períodos de tiempo (que abarcan miles y millones de años) como consecuencia de alteraciones en la radiación solar, cambios en la órbita terrestre, impactos de meteoritos, las erupciones volcánicas, la deriva continental, la dinámica de las corrientes marinas y la composición de la atmósfera por eventos naturales, entre otros (Ponce Cruz y Cantú Martínez, 2012: 6). Sin embargo, las inusuales condiciones climáticas observadas en las últimas décadas presentan eventos atmosféricos

extremos como consecuencia del aumento de la temperatura promedio global por causa de las emisiones antrópicas de GEI.

Cuando la composición y concentración de gases atmosféricos ven alterado su equilibrio, el sistema climático ve modificada su dinámica dando lugar a un nuevo balance energético que provoca el denominado calentamiento global.

El aumento de la temperatura a escala global afectan las variables climáticas, aparejando como consecuencia una amplia variedad de eventos extremos tales como: la disminución de los hielos marinos, el cambio en el patrón de las precipitaciones, alteraciones en la salinidad y acidificación de los océanos, el aumento de fenómenos extremos de sequías e inundaciones, fuertes olas de calor, mayor intensidad de huracanes y ciclones, etc.

“El cambio climático está ya produciendo importantes efectos económicos, sociales y ecológicos y se está cerca de alcanzar el umbral de cambios irreversibles para algunos elementos del sistema climático” (Cárdenas, 2010: 6 – 7).

1.1 El Cambio Climático desde el rigor científico

Los estudios llevados a cabo en las últimas décadas por parte de peritos, técnicos y especialistas de la comunidad científica y académica, dan cuenta de un aceleramiento del Cambio Climático como fenómeno a escala mundial. La evaluación de las Naciones Unidas y el IPCC revelan un incremento en la cantidad y concentración de GEI definidos como *“aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos (de origen humano), que absorben y re-emiten radiación infrarroja”*.

Dentro de los gases de origen natural encontramos el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O) y el ozono (O₃); mientras que los gases promovidos por las actividades antrópicas son el CO₂, el CH₄, el N₂O antes mencionados, y se les suman a estos el perfluorometano (CF₄), el perfluoroetano (C₂F₆), los hidrofluorocarbonos (HFC-23, HFC-134a, HFC-152a) y el hexafluoruro de azufre (SF₆) (Ponce Cruz y Cantú Martínez, 2012: 7).

El vapor de agua (H₂O) es el mayor contribuyente al efecto invernadero dada su capacidad de concentrar el calor y provocar el aumento de la temperatura del aire. Excepto el ozono, todos los GEI producidos por actividades humanas pasan a formar parte de la atmósfera de manera tal que su concentración es casi la misma en cualquier parte, independientemente del lugar donde se produce (Benavidez Ballesteros y León Aristizabal, 2007: 22).

El incremento de la emisión de GEI en general y de CO₂ en particular durante el último siglo, responde al sistema productivo capitalista imperante con una fuerte dependencia al consumo de energías fósiles. La evidencia científica indica que la temperatura de la superficie terrestre y oceánica ha mostrado un aumento promedio de 0,85°C al año 2015, proyectando para el año 2100 un incremento que oscila entre un rango de 1°C a 3,7°C. Este análisis basado en el modelo denominado *“senderos de concentración representativo”* (RCP) tiene como base los valores de las emisiones acumuladas de CO₂, cuya inercia hace irreversible estas tendencias (IPCC, 2017).

Las crecientes emisiones por parte de la actividad industrial y la generación de energía eléctrica, entre otras, son las principales causas de la alteración del balance de estos gases en la atmósfera (Ver Fig. 2).

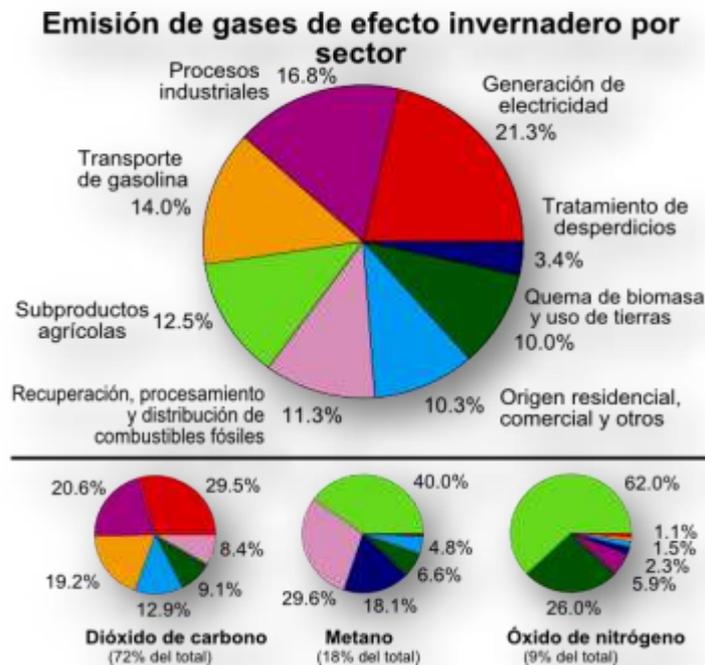


Figura 2: Emisiones de GEI por sector. Fuente: Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC, 2017)

Es importante destacar que la variación temporal de la concentración de CO₂ a escala global presenta un comportamiento cíclico durante el año en el Hemisferio Norte y en el Hemisferio Sur. Las mayores concentraciones de este gas se presentan durante los veranos en ambos hemisferios por causa del proceso de fotosíntesis de las plantas que lo absorben. Sin embargo, en el Hemisferio Norte la cantidad es mayor debido a su amplia superficie continental, donde se encuentra la totalidad de los países industrializados responsables de las mayores emisiones de GEI que se han ido acumulando en la atmósfera desde la Revolución industrial. El Hemisferio Sur, en cambio, conserva un comportamiento más suavizado por la presencia de una mayor superficie oceánica.

La acumulación de CO₂ en la atmósfera como consecuencia de la creciente y constante emisión, provoca que el ácido carbónico actúe sobre distintos organismos causando efectos colaterales en toda la cadena alimentaria. Estos efectos colaterales afectan la producción a gran escala y con mayor impacto a las actividades de subsistencia, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de millones de personas.

Los países industrializados y los grandes países emergentes, tal como lo señala la Fig. 3, son los principales contribuyentes en la depredación de las condiciones atmosféricas y las consecuencias sociales de la emisión de los GEI. No obstante, las secuelas de los efectos ocasionados deben ser asumidas por la comunidad internacional para emprender los procesos de adaptación al Cambio Climático y la mitigación de las emisiones.

“Si bien los datos mundiales aportan una perspectiva útil para estar al tanto del crecimiento constante de las emisiones, es imprescindible estudiar las pautas de los mayores emisores para formarnos una idea más clara de las tendencias subyacentes. Las clasificaciones de países varían notablemente cuando se comparan las emisiones totales y per cápita; [...] las estimaciones ante la falta de datos y los niveles de participación en las trayectorias de emisiones a escala global” (CMNUCC, 2017).

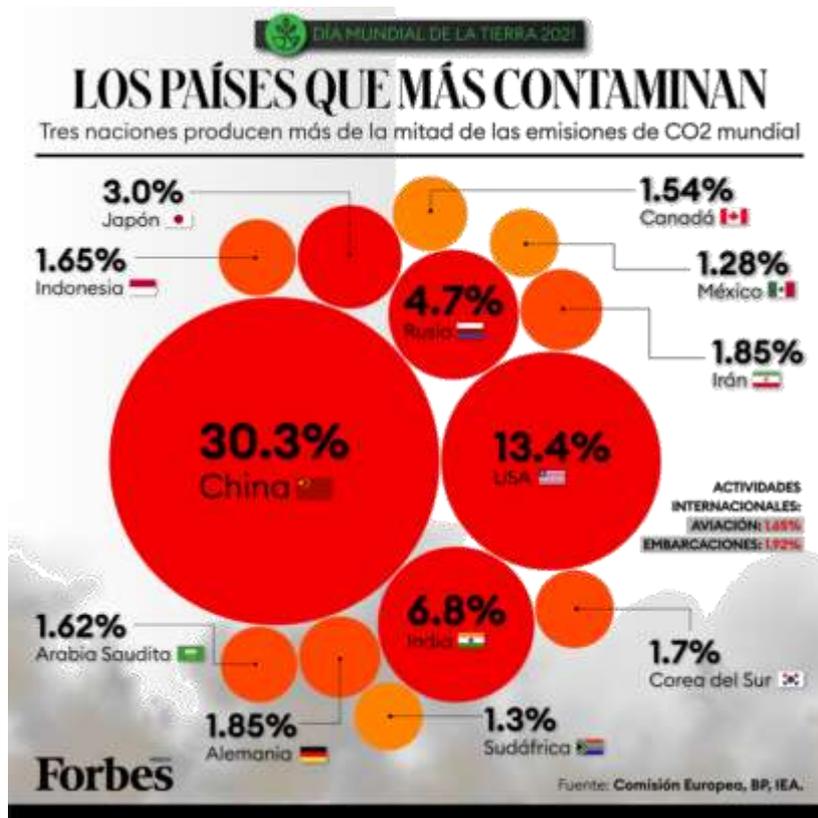


Figura 3: Los países que más contaminan (2020) Fuente: Comisión Europea, BIP, IEA (2021)

Las regiones más afectadas por este flagelo son África, el Sur y Sureste de Asia y América Latina, donde el sustento de sus economías tiene sus bases en la producción primaria de recursos naturales, un sector muy sensible al CC. *“El agotamiento de la capacidad de la atmósfera para absorber el carbono genera así una deuda social, ambiental y económica por parte de los países del Norte global con el resto del mundo, así como con las generaciones presentes y futuras”* (Iglesias Márquez y Felipe Pérez, 2018: 2).

1.1.1. El Cambio Climático en América Latina

El sistema productivo de América Latina como proveedora de recursos naturales y productos elaborados al mercado interno y a las principales economías del mundo, ha sufrido impactos en sus economías durante las tres últimas décadas como consecuencia del CC, afectando a la sociedad con la caída de la producción, la dependencia de energías fósiles y el atraso tecnológico en relación con otros países. El rol de la región en el contexto de la globalización constituye un factor importante en el desarrollo de los países poniendo de manifiesto una desigual acumulación de capital, inequitativa distribución de la riqueza y el ingreso, precarización en la calidad del empleo e inestabilidad en la constitución del Producto Bruto Interno (PBI) de los países.

La relación que existe entre el uso de energía y el CC pone en debate la estructura de producción imperante, los cambios tecnológicos establecidos y el creciente consumo de energías no renovables fomentados por el modelo productivo capitalista. Estos cuestionamientos abarcan, según Najam y Cleveland (2003), tres dimensiones:

a)- “Dimensión económica, donde la energía es el motor clave del crecimiento macroeconómico, porque contribuye a la transformación de insumos en bienes finales y servicios.

b)- Dimensión social, que indica que el uso de energía se convierte en el principal prerequisite que ayuda a satisfacer las necesidades humanas básicas (alimentación, salud, educación, vivienda y agua, principalmente).

c)- Dimensión ambiental, en que el uso de energéticos es la principal fuente de stress ambiental en todos los niveles; ésta relación entre la energía y el medio ambiente se determina por la extracción y producción de los combustibles y la calidad ambiental” (Citado en: Sánchez y Caballero, 2019: 105).

La región de América Latina en el actual régimen de crecimiento económico conserva su rol de abastecedor de materias primas y recursos naturales en el sistema económico global, a pesar del desarrollo de actividades industriales destinadas a la producción de bienes finales. La conformación de la estructura económica latinoamericana tiene como principales factores de producción el capital, el trabajo y la tecnología con una fuerte dependencia externa. En las últimas décadas, estos factores productivos han establecido una estrecha relación con el consumo de energía cuyas fluctuaciones se encuentran ligadas a las variaciones de los precios de las commodities, el valor del barril de petróleo y la importación de energéticos (CEPAL, 2015).

Es importante destacar que en la mayoría de los países de la región el consumo de energía per cápita es ascendente, acompañando, en algunos casos, al crecimiento económico del país. Datos recientes indican que América Latina contribuye con el 10% de las emisiones de GEI a escala mundial, dentro de los cuales se destaca el CO₂ (Ver Fig. 4).

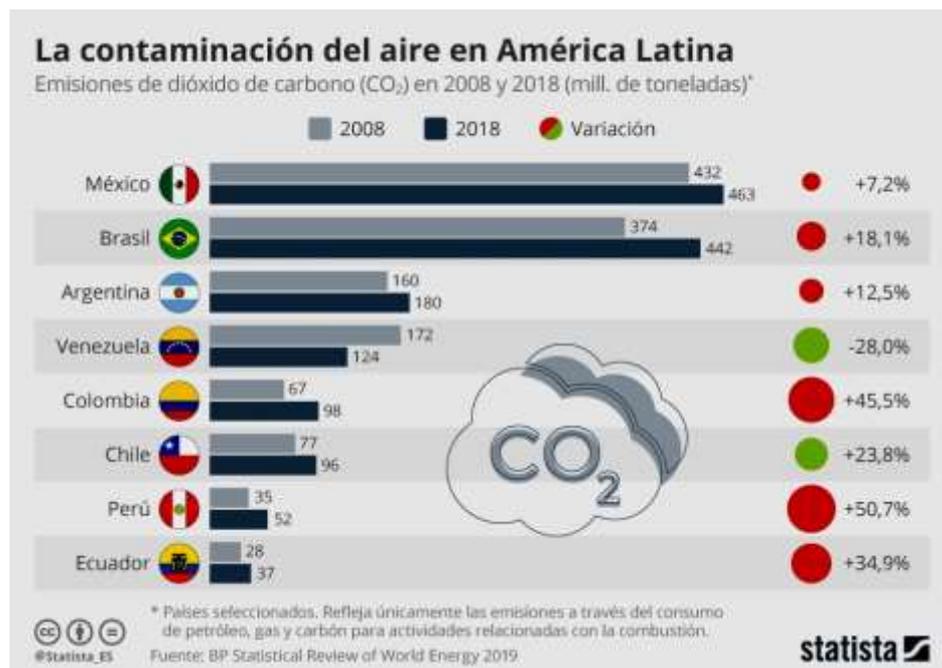


Figura 4: Emisiones de CO₂ en América Latina 2008 – 2018.
Fuente: BP Statistical Review of Word Energy 2019

Como nos señala el gráfico, la intensidad carbónica muestra un incremento en valores absolutos en todos los países relevados. Sin embargo, en las economías más grandes de la región (México, Brasil y Argentina) presentan los porcentajes más bajos en términos

comparativos con el resto de los países de la región a pesar de su crecimiento económico registrado durante 2008 – 2018. Esto podría responder a la implementación de políticas ambientales y al aporte cada vez mayor de energías limpias a los sistemas energéticos nacionales.

La diversidad ambiental en América latina hace que los efectos de las emisiones de CO2 sean diferentes en cada uno de los países de la región como así también al interior de los mismos debido a las particularidades climáticas locales y ambientales, junto a un desigual desarrollo económico que consolida las inequidades territoriales. En términos económicos, el sector agrícola latinoamericano es el más afectado por los efectos negativos del CC poniendo en riesgo los niveles de productividad y al mismo tiempo la seguridad alimentaria.

Los países en desarrollo tienen una mayor dependencia de la agricultura, debido a que *“poseen menos capital para tomar medidas de adaptación, y en muchos casos están más expuestos a la ocurrencia de eventos climáticos extremos y a niveles de calor que actualmente son demasiado elevados”* (Mendelsohn, 2009; citado en López Feldman y Hernández Cortés, 2016: 467). Comprender los efectos económicos del CC ayuda a dimensionar sus impactos y de esta manera poder emprender e diseño de las estrategias de adaptación y en caso de ser posible, entablar las inversiones necesarias para su mitigación.

2. LAS TEORÍAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO

El CC como fenómeno a escala global ha despertado divergencias y controversias en la comunidad científica. Las distintas posiciones adjudican el proceso de calentamiento global, por un lado a eventos naturales como las variaciones de la actividad solar, y por otro a un incremento de los GEI como consecuencia de la actividad industrial.

Un sector minoritario de expertos y científicos avala la *Teoría Astronómica* que considera que la actividad solar, las erupciones volcánicas y el desplazamiento de las placas tectónicas inciden en el desarrollo y evolución del CC. *“Los científicos que apoyan la teoría astronómica intermedia sostienen que alrededor de un tercio del calentamiento global del siglo XX se debe al incremento de la energía solar, aunque reconocen que la mayor parte es debida a la actividad humana. Además, entienden que aún cuando la actividad solar no sea considerada el factor dominante en el CC actual, es importante no despreciar la respuesta del clima a los pequeños cambios de la irradiación solar para distinguir sus impactos de los originados antrópicamente”* (Compagnucci, 2009: 9).

Los datos históricos que dan fundamento a esta teoría son el *“Período Cálido Medieval”* ocurrido durante los años 1000 y 1350 donde los Vikingos se asentaron en Islandia, Groenlandia y América del Norte y florecieron viñedos en Inglaterra. A este proceso, le siguieron períodos de enfriamiento conocidos como la *“Pequeña Edad de Hielo”* que finalizó a mediados del siglo XIX.

Otro grupo de teorías, a las que denominaremos *“Teorías de CC antrópico”* tienen sus bases en el tratamiento estadístico de datos junto al aporte del campo del conocimiento ambiental y meteorológico. Estas teorías cuentan con un amplio consenso de la comunidad científica que entienden que para explicar el CC no alcanza con atender la dinámica natural sino que es necesario incorporar el funcionamiento de la sociedad y el modo en que esta utiliza y valora los recursos naturales (Compagnucci, 2009).

El origen antrópico directo o indirecto de las alteraciones de la atmósfera en particular y del ambiente en general, lleva a establecer nuevos paradigmas en la investigación del CC. En 2016, afirma Alejandro Fujigaki Lares (2020), el Congreso Internacional de Geología reconoció al *Antropoceno* como *“una unidad geológica de tiempo”* en el cual el impacto humano alteró las

condiciones y los procesos de la Tierra. Este concepto ya ha trascendido la Geología para encontrar debate en la Antropología, la Historia, la Sociología, las ciencias políticas, la Filosofía y la economía.

Las alteraciones que provoca el Antropoceno suma al análisis *“la dinámica poblacional, la urbanización desbordada, el desarrollo intenso de la infraestructura, el consumo y su incremento, la explotación desenfrenada de recursos, la intensificación y la diversificación de la pobreza, así como la pérdida de la biodiversidad y la extinción masiva de especies”* (AWG², 2019). Esta mirada integral del Antropoceno como unidad espacio temporal cuyos orígenes coinciden con el origen de la especie humana, da lugar al desarrollo de *“un sistema complejo y adaptativo en el que distintos componentes culturales, políticos, sociales, económicos, ecológicos, tecnológicos, etc. están interactuando [...] Esto implica que el enfoque de la gestión de los ecosistemas y recursos naturales, no se centra en los componentes del sistema sino en sus relaciones, interacciones y retroalimentaciones”* denominado por Farhad Sherman (2012) como *“sistema social ecológico”*. Esta noción redefine la división tajante de la naturaleza y la cultura para plantear a distintas analogías que nos ofrecen otra mirada del CC como un fenómeno antrópico (Fujigaki Lares, 2020: 3 – 4).

El incremento de las temperaturas a partir de mediados del siglo XX tiene sus orígenes en el desarrollo industrial un siglo antes con el uso de la máquina a vapor alimentada con carbón mineral. La perforación del primer pozo de petróleo en 1859 en Oil Creek, cerca de Titusville, Pensilvania; dio lugar al consumo de este nuevo combustible fósil como la principal fuente de energía, incrementando las emisiones de GEI. A estas actividades se suma la tala masiva de bosques, la cría de ganado, la extensión de arrozales y el incremento de los vertederos de desechos, gases y fluidos, como actividades “esenciales” de la economía capitalista que conforman las demandas de la vida moderna (CMNUCC, 2017).

Pero los costos de estas demandas que impone el sistema transforman al CC en otra muestra de desigualdad, una desigualdad que constituye la “ley fundamental del capitalismo”. La urgente necesidad de encontrar soluciones para prevenir y mitigar las cargas desproporcionadas que padecen los sectores más vulnerables en el Sur global siendo los menos responsables; ha hecho emerger el concepto de *justicia climática* que promueve la adopción de medidas más justas y equitativas en el ámbito del derecho y el de la política. Como comenta Larry Lohmann al respecto *“[...] es importante ver el cambio climático como la continuación y la manifestación de algunos de los mismos problemas y fuerzas sociales con los que llevamos lidiando desde hace siglos. Se trata de una cuestión de poder político, una cuestión de quién gana y quién pierde en lo que se refiere a acceso y derechos”* (citado en: Iglesias Márquez y Felipe Pérez, 2018: 3)

2.1. Las técnicas y modelos aplicados al estudio del Cambio Climático

El CC es un fenómeno a escala global que ha ido cobrando interés en distintas esferas debido a la inercia de su evolución, hasta alcanzaren la actualidad la categoría de riesgo sistémico (Stern, 2007, citado en Lo Vuolo, 2014). La ocurrencia de distintas contingencias ambientales tales como inundaciones, sequías, huracanes, tornados, olas de calor y de frío, tormentas, etc. no son nuevas; pero la severidad y recurrencia de los impactos de estos fenómenos revelan la magnitud de esta problemática.

La manifestación de los eventos climáticos extremos generan mayores impactos en los países menos desarrollados dado las desigualdades socio territoriales que presentan, las cuales se ven materializadas en una disímil distribución de servicios e infraestructura y una economía

²Antropoceno Working Group (AWG, sus siglas en inglés). (2019). “Antropoceno: la época humana”.

basada en actividades primarias. Sin embargo, más allá de lo controversial de los impactos del CC a escala territorial, el análisis de los datos y sus resultados dependen de metodologías que responden a modelos estandarizados, algunos de los cuales desarrollaremos en el presente trabajo.

La evolución de las metodologías de medición en las últimas décadas plantea distintos enfoques que se pueden resumir en dos grandes grupos:

El primero de los grupos comprende el método *enumerativo* que hace referencia a los efectos físicos del CC, establecidos desde las ciencias naturales y luego valoradas a precios de mercado con las limitaciones que tiene la extrapolación de estos modelos a distintos contextos, lo que conlleva el uso de estimaciones. Este tipo de análisis es considerado de costo – beneficio y es aplicado para valorar los impactos del clima sobre la agricultura, la salud y la infraestructura. Otra propuesta dentro de este mismo enfoque plantea el estudio desde las aproximaciones *estadísticas* que estiman los impactos del clima sobre las actividades y el bienestar económico, utilizando técnicas de econometría y estadísticas climáticas. Este método está basado en alteraciones en los niveles de ingreso relacionadas con cambios en el clima, omitiendo el efecto de importantes variables lo cual da lugar a la utilización de estimaciones.

El segundo grupo comprende los modelos “*Top-Down*” y “*Bottom-Up*” que son los más utilizados en los últimos años.

Los modelos “*Top-Down*” (arriba – abajo) toman como base las emisiones de GEI a nivel global y calculan los daños en relación a los cambios en la temperatura media global.

Los modelos “*Bottom- Up*” (abajo – arriba) empiezan por evaluar la vulnerabilidad del sistema a escala local para identificar escenarios de demandas futuras y medidas de adaptación. En ambas metodologías los datos se obtienen de modelos climáticos y la debilidad radica en la desestimación de las características del contexto espacial donde se desarrollan las problemáticas analizadas.

Finalmente, tenemos los modelos más populares para la medición de los impactos del CC conocidos como *Modelos de Valoración Integrada* que evalúan las emisiones de GEI generados por el crecimiento económico, estableciendo los impactos sobre la economía y proponiendo posibles políticas de mitigación (Mendelson, 2015).

Estas metodologías y otras que describiremos a continuación; proponen modelos de evaluación que son aplicados a distintos contextos ambientales con el objetivo de relevar impactos locales con fines netamente estadísticos, desde un análisis neutral emanado de una lógica cartesiana.

2.1.1 Modelos de Evaluación Integrada del impacto del Cambio Climático

La preocupación por las consecuencias del CC global ha despertado el interés de la comunidad científica, como así también de organismos gubernamentales y vastos sectores de la economía. La investigación y debate sobre los fenómenos climáticos es abordado desde las ciencias naturales, económicas y sociales con el objetivo de analizar y evaluar sus impactos, aplicando para ello distintos tipos de modelos tales como modelos macroeconómicos, de equilibrio, cuantitativos, de optimización y los denominados modelos de evaluación integrada.

“Según el IPCC la evaluación integrada es un proceso interdisciplinario consistente en combinar, interpretar y comunicar conocimientos de diversas disciplinas científicas de tal manera que sea posible sopesar y considerar todos los aspectos importantes de una cuestión social compleja como aporte al proceso de decisión” (Allegue Losada, 2010: 239). El CC como fenómeno complejo, afirma la autora, requiere de modelos integrales que combinan

información de distintas áreas, evaluando tres elementos claves: el medio ambiente, la energía y la economía.

Este tipo de modelos tiene como objetivo establecer las relaciones que existen entre la emisión de los GEI y el comportamiento de sus impactos; proporcionando información sobre la dinámica de esta problemática y sus proyecciones a futuro. Esta información resulta importante para la evaluación de políticas que atiendan el tema, poniendo en práctica estrategias de adaptación y mitigación que permitan minimizar los efectos ambientales.

De los muchos modelos de evaluación integrada, se destacan los siguientes:

- **Modelo de Evaluación Integrada PAGE 2002:** el PAGE 2002 (Policy Analysis of the Greenhouse Effect 2002) es un modelo estadístico que mediante ecuaciones replica complejas interacciones ambientales y económicas que produce el CC en distintos escenarios posibles. Este modelo aplica intervalos de tiempo que van desde 1 a 50 años, pudiendo hacer proyecciones a dos siglos de los impactos según los niveles de emisión de GEI y elaborando un cálculo de los costos de adaptación por región. Su capacidad de emplear distribuciones de variables económicas y ambientales en términos de probabilidad, nos brinda como resultado un rango en el cual fluctúan los valores de estas variables lo que da cuenta de la existencia de la incertidumbre como característica del CC.
- **Modelo de Evaluación Integrada RICE:** el modelo RICE (Regional Integrated model of Climate and the Economy) *“permite obtener una estimación económica por regiones de los efectos del cambio climático, al involucrar múltiples elementos entre los que se destacan factores que afectan el crecimiento económico, las emisiones de CO₂, el ciclo del carbón, impactos y daños climáticos”* (Allegue Losada, 2010: 245). El RICE considera únicamente el CO₂ proveniente de las actividades industriales, poniendo en el centro el crecimiento económico como la principal causa del CC. El análisis medio ambiental en este modelo, involucra una serie de relaciones geofísicas centradas en la estimación de los flujos de carbono en relación con tres de sus reservorios: la atmósfera, la biósfera y los espacios oceánicos. Es importante destacar que el RICE considera eventos extremos y discontinuidades que dan cuenta de catástrofes y valores que exceden los rangos establecidos. Además, su evaluación integra los costos y daños regionales y busca dar sustento a políticas para enfrentar al CC, brindando información sobre la importancia de los impuestos al carbono y la reducción de las emisiones de GEI. Este modelo está compuesto por ecuaciones matemáticas cuyas variables representan las ganancias obtenidas, el volumen de emisiones, valores meteorológicos que dan cuenta del CC y los impactos económicos; cuyos valores son aportados por especialistas provenientes de distintas disciplinas como la economía, la ecología, las ciencias naturales, entre otras (Allegue Losada, 2010: 248).
- **Modelo de Evaluación Integrada FUND:** el modelo FUND (Climate Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution) fue desarrollado originalmente para analizar estrategias eficientes de reducción de emisiones, pero ha evolucionado en el estudio de los impactos del CC en un contexto dinámico mediante el análisis de costo – beneficio y costo – efectividad, considerando también la incertidumbre. *“El FUND consiste en un conjunto de escenarios y modelos simples de población, tecnología,*

economía, emisiones, química atmosférica, clima, nivel del mar e impactos en diferentes sectores” (Allegue Losada, 2010: 249).

El modelo propone dos escenarios análisis: el *escenario exógeno* que involucra el crecimiento económico, el crecimiento poblacional, la población urbana, la eficiencia energética y las emisiones de óxido nitroso y metano. Por otra parte, el *escenario endógeno* comprende las emisiones de carbón, las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, óxido nitroso y metano, la temperatura media global, los impactos en zonas costeras, la agricultura y el clima extremo.

El FUND considera en su evaluación tres de los GEI: el Dióxido de Carbono (CO₂), el Metano (CH₄) y el Óxido nitroso (N₂O); junto a las emisiones de Dióxido de Azufre (SO₂).

2.1.2 Modelo GHG Protocol (Greenhouse Gas Protocol, sus siglas en inglés)

El modelo definido como *GHG Protocol* contabiliza las emisiones de GEI de tipo directo, es decir, generadas por las empresas o entidades controladas por empresas y las denominadas emisiones indirectas que son las originadas por el consumo de electricidad, sistemas de calefacción, transporte, etc.

La herramienta del GHG Protocol dispone de tres alcances, cada uno de los cuales se define por las características de las emisiones (Fig. 5).

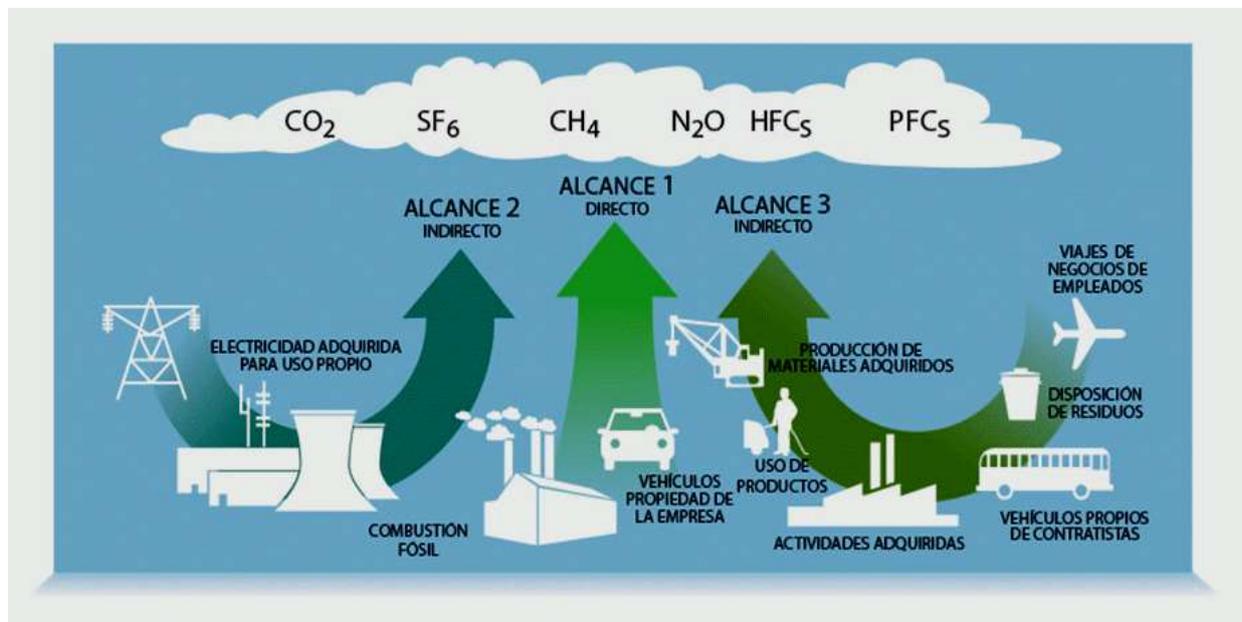


Figura 5: Tipos de emisiones. Fuente: GHG Protocol

Una vez precisado el alcance de las emisiones es necesario definir la metodología de seguimiento a través del tiempo, de manera que los resultados puedan compararse y ser analizados con criterios cuantitativos y cualitativos.

Los principios en los cuales se asienta este modelo son:

- ✓ Relevancia
- ✓ Integridad
- ✓ Consistencia
- ✓ Transparencia
- ✓ Precisión

La metodología empleada tiene sus bases en el establecimiento de límites organizacionales y operacionales que conllevan seleccionar las unidades de negocio y las actividades que serán cuantificadas para contabilizar las emisiones.

El cálculo de las emisiones de GEI se realizan utilizando herramientas de cálculo sectoriales (en cada una de las actividades) e intersectoriales que involucran el sistema productivo de manera interrelacionada.

El método GHG Protocol implica la implementación de un sistema de gestión que asegure la consistencia y veracidad de la información recopilada (Ihobe, 2013).

2.1.3 Modelo BILAN CARBONE

El modelo Bilan Carbone comparte con otros modelos los principios de cuantificación de las emisiones de GEI, siguiendo los siguientes pasos:

1. Definición del alcance para el cálculo de las emisiones
2. Diseño del mapa de proceso
3. Recopilación de datos
4. Cálculo de las emisiones de GEI asociadas a la actividad de la organización
5. Elaboración de un informe y publicación de los resultados



Figura 6: Protocolo Bilan Carbone. Fuente: <https://ghgprotocol.org/Third-Party-Databases/Bilan-Carbone>

Al igual que el modelo GHG Protocol, la selección del alcance de acuerdo a las fuentes de emisión no debe alejar a la organización de la metodología con el objetivo final de identificar las posibilidades de reducir las emisiones. La recopilación de datos para el cálculo de la Huella de carbono, demanda establecer límites en los valores a considerar.

“En el enfoque de huella de carbono se consideran las emisiones asociadas a los procesos “aguas arriba” y “aguas abajo”. Las emisiones aguas arriba considera todas aquellas asociadas a los procesos previos necesarios para que la fabricación del producto o prestación del servicio pueda llevarse a cabo por parte de la organización, como por ejemplo las asociadas al transporte de materias primas para elaborar un producto final. En el caso de aguas abajo se consideran todas las emisiones asociadas a las fases posteriores a la fabricación del producto o prestación del servicio, por ejemplo las derivadas de la utilización y gestión final del producto fabricado”(Ihobe, 2013: 12).

La implementación de la metodología Bilan Carbone presenta las siguientes limitaciones:

- ✓ Las organizaciones deben disponer de datos fiables y completos de las emisiones asociadas a sus propios procesos
- ✓ Los factores de emisión incluidos en la herramienta de cálculo son aproximados y no reflejan los constantes cambios que se producen a nivel económico y tecnológico
- ✓ Las emisiones derivadas de la producción y del uso de los productos son estimaciones, ya que no existen datos concretos

2.1.4 La curva de Kuznets

La relación que existe entre crecimiento económico y contaminación ambiental dio origen a distintas teorías e hipótesis que buscan determinar los impactos de la producción y el consumo en la disponibilidad de los recursos naturales, el aumento de la contaminación, la satisfacción de la demanda y la atención del modelo de la sustentabilidad. En este sentido, la *curva ambiental de Kuznets (CAK)* analiza el modelo industrial capitalista y afirma que *“a medida de que existe crecimiento económico, el impacto o daño ambiental tenderá a incrementarse en una primera fase y posteriormente llegará a un equilibrio y disminuirá”* (Ekins, 2015, citado en Sánchez y Caballero, 2019: 113).

Esta afirmación se fundamenta desde el punto de vista ambiental ya que tanto la oferta como la demanda presionan el uso de materias primas y energías, sobre todo de origen fósil, dando lugar a una creciente degradación ambiental hasta haber conseguido un importante proceso de industrialización. A partir de ese momento, afirma este modelo, el desarrollo de nuevas tecnologías, el uso de energías alternativas y una consecuente modificación en los patrones de consumo provocan una continua disminución de la contaminación ambiental (Ver Fig. 5).

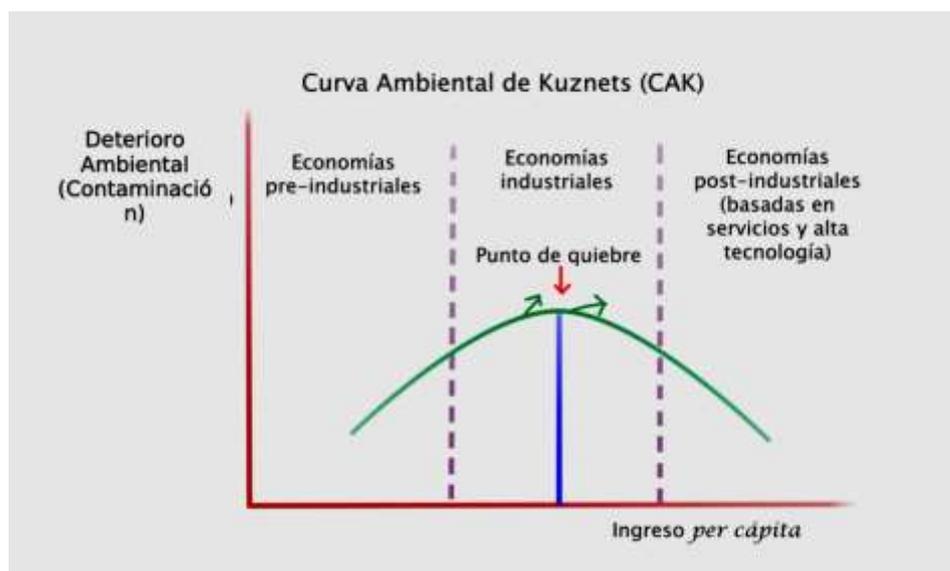


Figura 7: Curva Ambiental de Kuznets
Fuente: Gaceta UNAM (2017)

El equilibrio de la degradación ambiental o “punto de quiebre” según Kuznets, está determinado por un nivel de ingreso per cápita que lleva a la población a exigir políticas ambientales que regulen los modos de producción, cambiando la directriz de la U invertida de una tendencia positiva a una propensión negativa de los niveles de contaminación.

Sin embargo, estos argumentos que otorgan validez al proceso de industrialización no resulta operativo en países en desarrollo, dadas sus contextos sociales, políticos, económicos y ambientales. La desigualdad en la distribución del ingreso y la fragilidad en materia institucional que entienda las problemáticas ambientales ponen en discusión a los fundamentos de estas teorías. *“Ekins (2015) afirma que los sectores más pobres, principalmente en el sector rural, a menudo dependen más directamente del medio ambiente y sus recursos, y por ende son más vulnerables a su degradación. En estos casos, los individuos no necesitan volverse ricos para demandar mejoras ambientales, y el nivel de ingreso afectaría su capacidad de pago, pero no su disposición a pagar”* (Sánchez y Caballero, 2019: 114). Además, si bien es posible que un mayor nivel de ingresos pueda generar la exigencia de servicios ambientales, también supone un incremento en la capacidad de consumo lo que conlleva a una mayor demanda de recursos naturales lo que impacta negativamente en el ambiente.

3. CONCLUSIONES

La existencia del CC como un fenómeno a escala global se evidencia a partir de la observación de una serie de eventos que ponen de manifiesto importantes cambios en los patrones del clima. Estas transformaciones en el sistema climático tienen un fuerte impacto en la dinámica ambiental afectando de manera directa a la población que los habita, como así también al desarrollo de las actividades económicas que se practican, convirtiendo a este fenómeno como una de las mayores amenazas para su estabilidad.

Pero a pesar de ser una temática que cuenta con tanta vigencia, es importante mencionar que los estudios llevados a cabo a nivel mundial sobre CC no encuentran consenso en términos metodológicos dado que en la mayoría de los casos las problemáticas son abordadas desde distintas teorías, no existiendo aún unidad de criterios en cuanto a los resultados obtenidos. Los modelos de evaluación aplicados constituyen una herramienta importante en el análisis de este fenómeno global y a pesar que existen múltiples tipos, el FUND, el PAGE, el RICE, GHG Protocol y la curva de Kuznets son los más utilizados. La evolución de estas metodologías de medición nos brindan los elementos adecuados ajustando el alcance de un resultado deseado sin tener en cuenta las características y particularidades regionales (Allegue Losada, 2010: 262).

La utilización de estos modelos estandarizados para analizar estas problemáticas en todo contexto despoja a los ambientes de su identidad y su esencia, transformándolos en arquetipos espaciales normalizados cuya dinámica puede ser interpretada a través de datos obtenidos de complejas fórmulas algebraicas. Estas metodologías establecidas desde los espacios de poder se transforman así en un instrumento político que impone compartir los costos de las consecuencias del CC, sin considerar los niveles de responsabilidad que tienen los distintos sujetos sociales en las causas que lo provocan.

Los resultados alcanzados se transforman entonces, en una herramienta argumentativa para cuestionar los modelos productivos en los países en desarrollo imponiendo como medidas de mitigación el control de emprendimientos locales y el desaliento a todo proyecto de industrialización como mera estrategia de continuidad de un status quo impuesto por el sistema.

La necesidad de una mirada integral y multidisciplinaria para estudiar, analizar y cuestionar al CC como fenómeno antrópico a escala global, demanda la necesidad de un debate urgente que haga visible las desigualdades en materia de emisiones y los costos de los impactos de acuerdo a los niveles de vulnerabilidad.

El estudio del CC en América latina desde estas teorías y métodos pone su atención en las consecuencias económicas del fenómeno, desde una mirada netamente economicista, dejando de lado los factores sociales, políticos, culturales, sistémicos y naturales que hacen a la dinámica del ambiente. Sin dudas, el CC se ha transformado en un elemento más que sustenta la necesidad de revisar y reformular el régimen de crecimiento económico del capitalismo industrial; como así también los estándares de producción, los modelos de consumo y la protección de ambiente como política de Estado a escala global.

BIBLIOGRAFÍA

- Allegue Losada, Y. (2010). Modelos de Evaluación Integrada del impacto del Cambio Climático. Algunas consideraciones sobre un modelo para la región del Caribe. Revista Economía y Desarrollo. Vol. 145. N° 1-2, Pp. 237 – 264. La Habana. Cuba.
- Benavidez Ballesteros, H. y León Aristizabal, G. (2007). Información técnica sobre Gases de efecto invernadero y el Cambio Climático. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM. Colombia.
- Cárdenas, M. J. (Comp.).(2010). México ante el cambio climático. Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación. México. Greenpeace.
- Compagnucci, R. (2009). Controversias en relación con el Cambio Climático y perspectivas del clima futuro. En Revista “Párrafos Geográficos”, Vol. 8, N°1. IGEPAT. Comodoro Rivadavia. Argentina.
- Fujigaki Lares, A. (2020). Caminos rarámuri para sostener o acabar el mundo. Teoría etnográfica, Cambio climático y Antropoceno. Instituto de Investigaciones Sociales. UNAM. México.
- Farhad, S. (2012). “Los sistemas socio-ecológicos: Una aproximación conceptual y metodológica”. En: *XIII Jornadas de Economía Crítica* Sevilla: Jornadas de Economía Crítica. pp. 265-280
- Iglesias Márquez, D. y León Pérez, B. (2018). Anhelando justicia en la era del cambio Climático: de la teoría a la práctica. Revista Catalana de Dret Ambiental. Vol. IX, Núm. 2. Ed. Monográfico. Cataluña, España.
- Lo Vuolo, R. (2014). Cambio Climático, políticas ambientales y regímenes de protección social. Visiones para América Latina. En CEPAL, Colección Documentos de Proyecto. Disponible en: www.cepal.org
- López Feldman, A. y Hernández Cortés, D. (2016). Cambio Climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. Revista: El Trimestre económico. Vol. LXXXIII (4), N° 332, Octubre – Diciembre 2016, Pp. 459 – 496. Editorial de la UNAM. México.
- Mendelson, J. (2015). Conversatorio sobre Cambio Climático. XXI Conferencia sobre Clima. Paris.
- Najam, A. y Cleveland, C.J. (2003). Energy and Sustainable Development at Global Environmental Summits: An Evolving Agenda. Environment, Development and Sustainability. Pp. 117–138.
- Ponce Cruz, Y. y Cantú Martínez, P. (2012). Cambio Climático: bases científicas y escepticismo. En: *Culcyt//Cambio Climático*. Año 9, N°46. Enero - Abril 2012. México.
- Sánchez, L y Caballero, K (2019). La curva de Kuznets ambiental y su relación con el Cambio Climático en América latina y el Caribe: una análisis de cointegración con

panel, 1980 – 2015. En Revista Económica del Rosario. Vol. 22, N°1. Enero – Junio 2019. Pp. 101 – 142. Bogotá. Colombia.

Documentos consultados

- AWG (2019). Antropoceno: la época humana. Disponible en: <http://quaternary.stratigraphy.org/working-groups/anthropocene/>
- Bilan Carbone (2019). Cuantificación de emisiones de GEI. En: <https://ghgprotocol.org/Third-Party-Databases/Bilan-Carbone>
- BP Statical Review of Word Energy (2019). Emisiones de CO2 en América Latina 2008 – 2018. Disponible en: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>
- CEPAL (2015). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible. Santiago de Chile: Cepal. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/39965-panorama-social-america-latina-2015>
- Comisión Europea BIP. IEA (2021). “Los países que más contaminan”. Disponible en: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/IP_21_1884
- CMNUCC (2017). Task Force on Displacement at a glance. Disponible en: https://unfccc.int/sites/de-fault/files/resource/TFD_brochure.pdf
- Gaceta UNAM (2017). Curva ambiental de Kuznets. Disponible en: <http://www.economia.unam.mx/assets/pdfs/econinfo/389/02catalan.pdf>
- GHG Protocol (2020). “Reporte de emisiones de GEI”. Cap. 9. P.p. 67 – 71. En: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf
- Global Carbon Atlas (2017). Forbes. Comisión Europea. En: <http://www.globalcarbonatlas.org/es/CO2-emissions>
- IHOBE (2013). “7 metodologías para el cálculo de emisiones de Gases de Efecto Invernadero”. Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial. Gobierno Vasco. Disponible en: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.es_ES
- IPCC(2007). Cuarto Reporte de Evaluación (4th. Assessment Report A R4). Londres: Cambridge University Press. Disponible en: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2017/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf
- PAGE (2002). Principales elementos divergentes en los modelos de evaluación integrada del impacto del Cambio Climático. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/eyd/v152n2/eyd07214.pdf>