



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“CAMBIO CLIMÁTICO: LA HUELLA DE CARBONO COMO
HERRAMIENTA DE MEDICIÓN DE GASES DE EFECTO
INVERNADERO”

Trabajo de investigación para optar el Grado Académico de
Bachiller en INGENIERÍA AMBIENTAL

Presentado por:

Daniella Loayza Pastor (0000-0002-8149-3593)

Asesor:

Ing. Wilmer Lescano Lozada (0000-0002-8273-4969)

Lima – Perú

2020



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°196-2020-DACIA-DAFCA-U.CIENTÍFICA.

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima 26 de octubre de 2020

VISTO:

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **CAMBIO CLIMÁTICO: LA HUELLA DE CARBONO COMO HERRAMIENTA DE MEDICIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO**, presentado por:

- Daniella Loayza Pastor

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller de **Ingeniería Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **CAMBIO CLIMÁTICO: LA HUELLA DE CARBONO COMO HERRAMIENTA DE MEDICIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO** con N° de registro de la carrera: **065-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Wilmer Lescano Lozada** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese.

Documento firmado digitalmente
Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico
Carrera de Ingeniería Ambiental

CAMBIO CLIMÁTICO: LA HUELLA DE CARBONO COMO HERRAMIENTA DE MEDICIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Daniella Loayza Pastor^{1*}; Wilmer Lescano Lozada²

¹ *Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur, Lima – Perú*

² *ALWA Ingeniería Sostenible*

* *Correo de correspondencia: daniella.loayza.pastor@gmail.com*

RESUMEN

Con el paso de los años, la preocupación por las variaciones en fenómenos naturales, el comportamiento de las especies y condiciones ambientales ha ido aumentando; por lo que la investigación se ha ido dirigiendo hacia el cambio climático, sus causas, sus efectos y qué acciones deberían tomarse al respecto. En un contexto de constante lucha para la adaptación y mitigación del cambio climático, herramientas como la huella de carbono son útiles para las empresas que buscan reducir su impacto en el medio ambiente; ya que les muestra el panorama real de sus emisiones, a partir del cual pueden plantearse diferentes medidas de mitigación o compensación. La presente investigación utilizó la revisión bibliográfica para recopilar información acerca del cambio climático, la huella de carbono, metodologías de cálculo para la huella de carbono y medidas de mitigación o compensación de las emisiones de gases de efecto invernadero. Se concluyó que la huella de carbono es un indicador de suma importancia, ya que permite calcular el impacto y establecer a partir de ello las medidas de mitigación o compensación.

Palabras clave: Cambio climático, huella de carbono, metodologías de cálculo, mitigación, compensación.

ABSTRACT

Over the years, the concern about variations in natural phenomena, the behavior of species and environmental conditions has been increasing; therefore, research has been directed towards

climate change, its causes, its consequences and what actions should be taken in this regard. In a context of constant struggle for adaptation and mitigation of climate change, tools such as the carbon footprint are useful for companies that seek to reduce their impact on the environment, as it shows them the real picture of their emissions, from the which may pose different mitigation or compensation measures. This research used the literature review to gather information about climate change, carbon footprint, carbon footprint calculation methodologies and mitigation or compensation measures for greenhouse gas emissions. It was concluded that the carbon footprint is a very important indicator, since it allows to calculate the impact and establish from it the mitigation or compensation measures.

Keywords: Climate change, carbon footprint, methods of estimation, mitigation, compensation.

REVISIÓN TEÓRICA

I. EFECTO INVERNADERO

Se denomina “efecto invernadero” a la capacidad natural de la atmósfera terrestre para retener la radiación de onda larga, o radiación infrarroja, frente a su transparencia a la radiación de onda corta, lo que permite mantener las condiciones apropiadas para la vida (Barry & Chorley, 2003). A la diferencia entre la radiación entrante y a la que escapa hacia el espacio se le conoce como forzamiento radiativo o forzamiento climático (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2019).

Este efecto es ocasionado por un grupo de gases (Gases de Efecto Invernadero) que componen la atmósfera terrestre y presentan la característica de retener la radiación de onda larga; los cuales son el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4), los hidrofluorocarbono (HFC), los perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre (SF_6) y Trifluoruro de Nitrógeno (NF_3) (Barry & Chorley, 2003; Organización Internacional de Normalización, 2018). Debido a la dificultad de diferenciar las emisiones antropogénicas del vapor de agua y el ozono (O_3) de las emisiones naturales, no se incluyen en el listado de GEI (Organización Internacional de Normalización, 2018).

Actualmente, las emisiones de CO₂ son las más preocupantes para los científicos, las naciones, empresas y personas; sin embargo, está comprobado que las moléculas de otros gases de efecto invernadero, como el CH₄, HFC y N₂O absorben más radiación de onda larga (Lashof & Ahuja, 1990).

II. CAMBIO CLIMÁTICO

a. Causas:

El 62.7% de los artículos de investigación relacionados a temas climáticos que han sido elaborados entre los años 1995 y 2010 señalan que el cambio climático es causado por las actividades humanas, mientras que el 1.8% rechazan esta concepción y el 35.5% se encuentra indeciso o no precisa su posición (Cook, Oreskes, & Doran, 2013).

La discusión inicia cuando se empieza a relacionar la industrialización con las variaciones en los fenómenos naturales en el planeta. Si bien es cierto que los avances tecnológicos nos han permitido mejorar nuestra calidad de vida, aumentar el porcentaje de alfabetismo, producir más comida, entre otros múltiples beneficios; se está sobrepasando la capacidad de carga de nuestro planeta, y es importante, a su vez, considerar la historia climática en la Tierra, ya que, a lo largo de la misma, se han tenido distintos periodos de alzas y bajas de temperatura (Mirandola & Lorenzini, 2016).

Es verdad que siempre han existido las mencionadas variaciones en la temperatura de la Tierra; no obstante, las actividades humanas también han contribuido en los cambios que se ven actualmente en los climas de todo el mundo.

b. Efectos

El cambio climático ha generado estragos a escala mundial, puesto que las variaciones en las temperaturas en la atmósfera y el océano han ocasionado diversos cambios en las dinámicas de los ecosistemas, en el comportamiento de animales y aumentos en las afecciones humanas. Algunos de estos serían efectos del cambio climático, como el debilitamiento de la circulación atmosférica, que se debería a la baja tasa de crecimiento de la precipitación global y el aumento del vapor de agua en la baja tropósfera (Lu, Vecchi, & Reichler, 2007; Vecchi & Soden, 2007).

También, la aparición de más efectos extremos como olas de frío o de calor, huracanes y fuertes precipitaciones (Brönnimann, 2018).

Existen otros efectos más populares entre las personas, como el derretimiento de los glaciares. Esto se debe a que el monitoreo del balance de masa de los glaciares es una herramienta útil para estudiar el cambio climático en la glaciología, ya que las fluctuaciones climáticas y en los glaciares se pueden interpretar como una tendencia lineal con ligeras fluctuaciones (Oerlemans, 1994). La mayoría de los glaciares en el mundo están retrocediendo desde los años 80, lo que a su vez causa el aumento del nivel del mar por el calentamiento y el flujo del agua derretida (Brönnimann, 2018).

Otro efecto que ha causado una gran polémica en los últimos años es el blanqueamiento de los corales. Diferentes asociaciones se han encargado de velar por cuidar ellos y prevenir su desaparición; sin embargo, estos esfuerzos no generan ningún cambio ni protección a estos ecosistemas en situaciones de calor extremo (Hughes et al., 2017).

En el caso de las plantas, la preocupación está dirigida hacia los agentes polinizadores de las angiospermas. Simulaciones indicarían que los cambios fenológicos en los agentes polinizadores originados en el cambio climático interrumpirían las conexiones entre polinizadores y las flores de donde obtienen sus alimentos (Memmott, Craze, Waser, & Price, 2007).

Para los humanos, el cambio climático tendría serios efectos poblacionales, además de los ambientales. Las migraciones, el estrés económico, la demanda de alimentos, el estrés hídrico y la contaminación podrían generar cambios epidemiológicos que tendrían grandes impactos en la salud pública (Khasnis & Nettleman, 2005).

c. Contexto mundial

i. Normativa:

Lo explicado anteriormente son solo algunos detalles que ayudan a comprender la importancia de la investigación de los efectos del cambio climático; no obstante, a la vez es importante investigar estrategias de prevención, mitigación y adaptación al mismo. En el marco de la preocupación mundial, en 1988, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) instauran el Grupo Intergubernamental de Expertos

sobre el Cambio Climático (IPCC), que busca generar investigación en materia del cambio climático y cuyos reportes e información ha servido para crear políticas (United Nations Framework on Climate Change, 2019a). En 1992, se apertura para firmas la “Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático” (CMNUCC) y la misma entra en vigor en 1994 (United Nations Framework on Climate Change, 2019d). En 1995, se da en Alemania la primera Conferencia de las Partes, asambleas donde los firmantes de la CMNUCC se reunirían cada año para discutir sobre el cambio climático y las acciones que tomarán al respecto (United Nations Framework on Climate Change, 2019a). En diciembre de 1997, se adopta el Protocolo de Kyoto, el cual es un tratado internacional ligado a la CMNUCC, que compromete a los firmantes a reducir sus emisiones; sin embargo, dicho tratado entra en vigencia en el año 2005 (United Nations Framework on Climate Change, 2019b). En la COP 20, realizada en Lima, se establecieron las bases para lo que finalmente se convertiría en el Acuerdo de París, creado en la COP 21 en Francia, el cual contiene un compromiso de las naciones para combatir y adaptarse al cambio climático mitigando las emisiones de gases de efecto invernadero (United Nations Framework on Climate Change, 2019a, 2019c).

ii. Escenarios del cambio climático:

Los Representative Concentration Pathways (RCPs) comprenden 4 escenarios basados en el modelamiento del forzamiento climático hasta el año 2100, los cuales incluyen las siguientes características (van Vuuren et al., 2011):

- RCP 8.5: Forzamiento radiativo en aumento, dirigiéndose a los 8.5 W/m^2 , equivalente a aproximadamente $1370 \text{ ppm CO}_2 \text{ eq}$, para el 2100.
- RCP 6: Forzamiento radiativo estable, pudiendo alcanzar los 6 W/m^2 , equivalente a aproximadamente $850 \text{ ppm CO}_2 \text{ eq}$, estabilizándose después del 2100.
- RCP 4.5: Forzamiento radiativo estable, pudiendo alcanzar los 4.5 W/m^2 , equivalente a aproximadamente $650 \text{ ppm CO}_2 \text{ eq}$, estabilizándose después del 2100.
- RCP 2.6: Forzamiento radiativo pico a los los 3 W/m^2 , equivalente a aproximadamente $490 \text{ ppm CO}_2 \text{ eq}$, antes del 2100 y luego decrece hasta 2.6 W/m^2 para el 2100.

d. Contexto Perú

i. Normativa:

El Perú cuenta con una ley sobre el cambio climático creada en 2018, la Ley Marco sobre Cambio Climático, Ley N° 30754, la cual busca establecer disposiciones para poder articular, ejecutar y evaluar políticas públicas para una correcta gestión de las medidas para la adaptación y mitigación del cambio climático, proponiendo un marco institucional, instrumentos para la gestión integral del cambio climático y medidas para la adaptación y mitigación; además, la ley trata temas como educación ambiental, investigación, acceso a la información, participación ciudadana y financiamiento climático (Ley 30754, 2018).

III. HUELLA DE CARBONO

Es un indicador únicamente del total de emisiones de CO₂ generadas de forma directa e indirecta por una actividad o que son acumuladas durante el ciclo de vida de un producto o servicio (Wiedmann & Minx, 2008). El concepto nació entre los movimientos ambientalistas europeos que perseguían el objetivo del consumo preferencial de alimentos de orígenes locales, ya que estos no incluían las emisiones generadas en el transporte dentro de su ciclo de vida; logrando que el término se expandiera entre los distribuidores de alimentos (Navarro, s.f.).

Este indicador está compuesto por diversos GEI, como, por ejemplo, CO₂, CH₄ y N₂O (Fang, Heijungs, & De Snoo, 2014), siendo ampliamente aceptada la ponderación de los mismos mediante factores de caracterización basados en el índice Global Warming Potential (GWP) (Ridoutt & Pfister, 2013).

El índice GWP define el tiempo de efecto invernadero de la emisión de 1 kg de un cierto GEI en la atmósfera del momento, en relación a la misma cantidad de dióxido de carbono (Intergovernmental Panel on Climate Change, 1990). Estos se miden en términos de carbono equivalente y permiten una comparación con los niveles de emisiones a los que se busca llegar, posibilitando una evaluación del desempeño en mitigar las emisiones (Atkinson & Hamilton, 1996).

IV. METODOLOGÍAS DE CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

El cálculo puede estar enfocado a diferentes aspectos, por ejemplo, territorios, una empresa, un producto o servicio, eventos o una persona, y para cada una de ellas existe una metodología de cálculo (Navarro, s/f).

Para calcular la huella de carbono de cualquiera de los enfoques antes mencionados, se debe estimar y contabilizar la cantidad de GEI emitidos o removidos de la atmósfera y el cálculo se encuentra íntimamente relacionado con el análisis del ciclo de vida, ya que este permite identificar el recuento de gases emitidos o fijados en cada etapa del ciclo de vida de un producto o servicio; en ese sentido, las metodologías más comunes para estimar la huella de carbono son las siguientes (Pandey, Agrawal, & Pandey, 2011):

- Protocolo de Gases de Efecto Invernadero del World Resources Institute (WRI) y el World Business Council on Sustainable Development (WBCSD): Proporciona herramientas de cálculo y cuantificaciones de las reducciones de emisiones de GEI resultantes de las medidas de mitigación (World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development, 2004). Es la base de la mayoría de las metodologías.
- Norma Internacional ISO 14 064: La norma contempla el establecimiento de límites, la cuantificación y proporciona estándares de diseño de proyectos de mitigación de GEI (Organización Internacional de Normalización, 2018).
- Publicly Available Specifications – 2050 (PAS 2050) del British Standard Institution (BSI): Detalla requisitos para evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero en el ciclo de vida de productos y servicios (Pandey et al., 2011).
- Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: Versión actualizada de las directrices publicadas en 1996 (Pandey et al., 2011).
- Norma Internacional ISO 14 067: Brinda metodologías para que los países realicen el inventario de GEI (Rypdal et al., 2006).

Debido a la actual necesidad de cuantificar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para mitigar el cambio climático, se ha aperturado un mercado para las emisiones, lo que impulsa a las empresas a asegurar el valor de sus emisiones y eso se consigue utilizando herramientas de cálculo confiables como las mencionadas anteriormente (Sundin & Ranganathan, 2002).

V. MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN DE EMISIONES DE GEI

Los avances tecnológicos nos han permitido desarrollar diferentes alternativas para continuar con el desarrollo económico de manera que no se perjudique el ambiente. Para la mitigación de las emisiones de GEI en industrias en primer lugar se debe analizar la eficiencia energética a modo de buscar oportunidades de ahorro y reducción de emisiones (Carrillo-Vitale, Somoza-Cabrera, & Boudet-Rouco, 2017). Luego, podría optarse por la sustitución por equipos menos contaminantes, puesto que instalaciones como el aire acondicionado o las luminarias pueden emitir una cantidad considerable de GEI (Sheinbaum & Briceño, 2017). Asimismo, se puede realizar un cambio de matriz energética de energía térmica a energías renovables como la energía eólica, waste energy o la energía solar, ya que estas causan un menor impacto ambiental (Perry, Klemeš, & Bulatov, 2008).

Otra opción sencilla para mitigar las emisiones de GEI es mantener una adecuada gestión de los residuos sólidos generados en las empresas (Delgado, 2016), lo que a su vez puede incluir compostaje controlado, ya que el compost funciona como sumidero de carbono si se mantienen los parámetros en niveles idóneos (Biala, Lovrick, Rowlings, & Grace, 2016).

También se puede aplicar el secuestro de carbono en ciertas especies arbóreas o el mismo suelo (Ramachandra & Shwetmala, 2012). Si se decide conformar sistemas agroforestales con mezclas de distintas especies, se tendría un gran potencial para capturar el carbono de la atmósfera (Montagnini, 2012). Es debido a esto que se tienen en mucha consideración los proyectos que incluyan aforestación o reforestación (Herrera-Moreno & Betancourt, 2013).

Otra opción viable para las empresas es aplicar sesiones de sensibilización a los principales grupos de interés, como son los consumidores, ya que si estos se preocupan por las emisiones de GEI

generadas durante el ciclo de vida del producto o servicio que obtienen pueden exigir mejoras para mitigar dichas emisiones (Bocken & Allwood, 2012).

En el caso de la compensación, una opción atractiva para las empresas es apostar por los proyectos que busquen hacerle frente al cambio climático por medio del manejo adecuado de suelos o bosques andinos y secos, ya que este tipo de proyectos se pueden realizar en el Perú (Chazarin, Locatelli, & Garay-Rodríguez, 2014); tal como el Proyecto Joven Forestal de Cajamarca, en el cual ha invertido la Universidad San Martín de Porres, luego de estimar su huella de carbono.

Asimismo, las empresas pueden iniciarse en el mercado de bonos de carbono en las Áreas Naturales Protegidas del Perú, tal como Pacífico Seguros, la cual adquirió bonos en dos Áreas Naturales Protegidas (ANP), por medio de los proyectos de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD), para así empezar a compensar sus emisiones (Sociedad Interamericana de Prensa, 2013).

CONCLUSIONES

Se revisaron conceptos para poder comprender la huella de carbono como un indicador de las emisiones de GEI en términos de CO₂eq. Asimismo, se analizó metodologías para estimarla; donde se comprobó que el método más básico es el Protocolo de GEI del WRI y el WBCSD, debido a que sirvió como base para los métodos posteriores. Luego, se analizaron alternativas para las empresas, determinando que deben iniciar con un análisis de la eficiencia energética, continuar con la sustitución de los equipos y finalizar con un cambio de matriz energética. Además, cuentan con la opción de compensar, para lo que pueden comprar bonos de carbono en las ANP o financiar proyectos forestales.

El contexto del cambio climático exige acciones por parte de las naciones, empresas y personas, y la huella de carbono sirve de base para proponer soluciones, por lo que se considera como un indicador ecológico de suma importancia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atkinson, G., & Hamilton, K. (1996). Accounting for Progress: Indicators for Sustainable Development. *Environment*, 38(7), 16–44. <https://doi.org/10.1080/00139157.1996.9930982>
- Barry, R., & Chorley, R. (2003). *Atmosphere, Weather and Climate* (8th ed.). London.
- Biala, J., Lovrick, N., Rowlings, D., & Grace, P. (2016). Greenhouse-gas emissions from stockpiled and composted dairy-manure residues and consideration of associated emission factors. *Animal Production Science*, 56(9), 1432–1441. <https://doi.org/10.1071/AN16009>
- Bocken, N. M. P., & Allwood, J. M. (2012). Strategies to reduce the carbon footprint of consumer goods by influencing stakeholders. *Journal of Cleaner Production*, 35, 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.05.031>
- Brönnimann, S. (2018). Global Warming (1970–Present). En *The Palgrave Handbook of Climate History* (pp. 321–328). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1057/978-1-137-43020-5_26
- Carrillo-Vitale, E., Somoza-Cabrera, J., & Boudet-Rouco, D. (2017). Potencial de mitigación de dióxido de carbono en el consumo de electricidad del sector residencial en Cuba. *Revista Cubana de meteorología*, 23(3), 341–348.
- Chazarin, F., Locatelli, B., & Garay-Rodríguez, M. (2014). Mitigación en la selva, adaptación en la sierra y la costa: ¿Oportunidades perdidas de sinergias frente al cambio climático en Perú? *Ambiente y Desarrollo*, 18(35), 95–106. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4927153>
- Cook, J., Oreskes, N., & Doran, P. T. (2013). Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature. *Environmental Research Letters*, 8, 24024. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/2/024024>
- Delgado, G. C. (2016). El Cotidiano Universidad Autónoma Metropolitana. *El Cotidiano*, (195), 75–84. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=32543454009>
- Fang, K., Heijungs, R., & De Snoo, G. R. (2014). Theoretical exploration for the combination of the ecological, energy, carbon, and water footprints: Overview of a footprint family. *Ecological Indicators*, 36, 508–518. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.08.017>

- Herrera-Moreno, A., & Betancourt, L. (2013). Datos y escenarios climáticos, emisiones de GEI y opciones de mitigación para la Provincia Samaná, República Dominicana. *Reportes de Cambio Climático del Programa ECOMAR*, (2), 1–29.
- Hughes, T. P., Kerry, J. T., Álvarez-Noriega, M., Álvarez-Romero, J. G., Anderson, K. D., Baird, A. H., ... Wilson, S. K. (2017). Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature*, 543(7645), 373–377. <https://doi.org/10.1038/nature21707>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (1990). *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*.
- Khasnis, A. A., & Nettleman, M. D. (2005). Global Warming and Infectious Disease (Review article). *Archives of Medical Research*, 36, 689–696.
- Lashof, D. A., & Ahuja, D. R. (1990). Relative contributions of greenhouse gas emissions to global warming. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/344529a0>
- Ley 30754. (2018). Ley 30754 - Ley Marco del Cambio Climático.
- Lu, J., Vecchi, G. A., & Reichler, T. (2007). Expansion of the Hadley cell under global warming. *Geophysical Research Letters*, 34(6), 2–6. <https://doi.org/10.1029/2006GL028443>
- Memmott, J., Craze, P. G., Waser, N. M., & Price, M. V. (2007). Global warming and the disruption of plant-pollinator interactions. *Ecology Letters*, 10(8), 710–717. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01061.x>
- Mirandola, A., & Lorenzini, E. (2016). Energy, Environment and Climate: From the Past to the Future. *International Journal of Heat and Technology*, 34(2), 159–164. <https://doi.org/10.18280/ijht.340201>
- Montagnini, F. (2012). Los sistemas agroforestales y su contribución para la mitigación y adaptación al cambio climático. *Alcance*. Recuperado de http://190.169.30.98/ojs/index.php/rev_agro/article/view/15058/144814481724
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2019). Climate Forcing. Recuperado el 6 de diciembre de 2019, de <https://www.climate.gov/maps-data/primer/climate-forcing>
- Navarro, Á. R. (s/f). Antecedentes conceptuales para el cálculo de la Huella de Carbono. Santiago de Chile: Ministerio del Medio Ambiente. Recuperado de <http://www.ifop.cl/wp->

content/contenidos/uploads/Huella-de-Carbono-en-Pesquer__as-AR-1.pdf

- Oerlemans, J. (1994). Quantifying Global Warming from the Retreat of Glaciers. *Science*, 264(April), 243–245.
- Organización Internacional de Normalización. (2018). ISO 14064-1. Gases de Efecto Invernadero. Parte 1: Especificación con orientación a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero.
- Pandey, D., Agrawal, M., & Pandey, J. S. (2011). Carbon footprint: Current methods of estimation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178(1–4), 135–160. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1678-y>
- Perry, S., Klemeš, J., & Bulatov, I. (2008). Integrating waste and renewable energy to reduce the carbon footprint of locally integrated energy sectors. *Energy*, 33(10), 1489–1497. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.03.008>
- Ramachandra, T. V., & Shwetmala. (2012). Decentralised carbon footprint analysis for opting climate change mitigation strategies in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(8), 5820–5833. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.05.035>
- Ridoutt, B. G., & Pfister, S. (2013). Towards an Integrated Family of Footprint Indicators. *Journal of Industrial Ecology*, 17(3), 337–339. <https://doi.org/10.1111/jiec.12026>
- Rypdal, K., Paciornik, N., Eggleston, S., Goodwin, J., Irving, W., Penman, J., & Woodfield, M. (2006). Capítulo 1: Introducción a las directrices de 2006. En *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (pp. 1–13).
- Sheinbaum, C., & Briceño, S. (2017). Inventario y escenarios de mitigación de GEI asociados con el consumo de energía en Ciudad Universitaria, UNAM. *Gaceta Instituto de Ingeniería, UNAM*, 1(84), 8–11. Recuperado de <http://gacetaii.iingen.unam.mx/GacetaII/index.php/gii/article/view/1467>
- Sociedad Interamericana de Prensa. (2013). Pacífico Seguros adquirió bonos de carbono en áreas naturales protegidas del Perú. Recuperado el 6 de octubre de 2019, de <http://www.inforegion.pe/166990/pacifico-seguros-adquirio-bonos-de-carbono-en-areas-naturales-protégidas-del-peru/>

- Sundin, H., & Ranganathan, J. (2002). Managing business greenhouse gas emissions: The greenhouse gas protocol - A strategic and operational tool. *Corporate Environmental Strategy*, 9(2), 137–144. [https://doi.org/10.1016/S1066-7938\(02\)00004-0](https://doi.org/10.1016/S1066-7938(02)00004-0)
- United Nations Framework on Climate Change. (2019a). Timeline UNFCCC: 25 Years of Effort and Achievement. Recuperado el 5 de diciembre de 2019, de <https://unfccc.int/timeline/>
- United Nations Framework on Climate Change. (2019b). What is the Kyoto Protocol? | UNFCCC. Recuperado el 5 de diciembre de 2019, de https://unfccc.int/kyoto_protocol
- United Nations Framework on Climate Change. (2019c). What is the Paris Agreement? | UNFCCC. Recuperado el 5 de diciembre de 2019, de <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/what-is-the-paris-agreement>
- United Nations Framework on Climate Change. (2019d). What is the United Nations Framework Convention on Climate Change? Recuperado el 18 de octubre de 2019, de <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-convention/what-is-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change>
- van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., ... Rose, S. K. (2011). The representative concentration pathways: An overview. *Climatic Change*, 109(1), 5–31. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z>
- Vecchi, G. A., & Soden, B. J. (2007). Global warming and the weakening of the tropical circulation. *Journal of Climate*, 20(17), 4316–4340. <https://doi.org/10.1175/JCLI4258.1>
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). *A Definition of “Carbon Footprint”*. Recuperado de www.censa.org.uk
- World Resources Institute, & World Business Council for Sustainable Development. (2004). Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de GEI (ECCR).