



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*



IBERO-AMERICAN PROGRAMME FOR SCIENCE, TECHNOLOGY AND DEVELOPMENT

IBERO-AMERICAN NETWORK OF BIOECONOMICS AND CLIMATE CHANGE



3.1 Methodology for climate change study

Ángel Sol Sánchez Ph.D.^{*}, Gloria Isela Hernández Melchor, Ph.D.[†], Juan Manuel Zaldívar Cruz, Ph.D.[‡], Odil Durán Zarabozo, Ph.D.[§], Orestes Sardiñas Gómez, M.Sc.^{**}.

Abstract

The article makes emphasis in methodologies for climate change variations study.

It analyses the greenhouse concentrations and your expectation effects for productivity activities and mostly food production. Besides, It analyzes the greenhouse effects, the greenhouse growing, and the gas that have relationship with the greenhouse effects as Carbon Dioxide (CO_2), el Methane (CH_4). It studied the methodology for energetic combustion emission quantification. Finally, it studies the contribution for measuring the adaptation and mitigation. The biodiversity, your measure and modifications in the face of the climate change.

Jel Classification: C: 01; Q:52; Q:53; Q:54;

Keywords: Greenhouse effects, Climate Change, Ecosystem, Adaptation, Mitigation, Resiliency.

* Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Área de ciencia Vegetal. Líder de la Línea Prioritaria de Investigación "8" Impacto y Mitigación del Cambio Climático. Km 3.5 periférico Carlos Molina. Carretera Cárdenas-Huimanguillo. Cárdenas Tabasco. México. C. Postal 86500. sol@colpos.mx.

† Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Periférico Carlos Molina. Carretera Cárdenas-Huimanguillo. Cárdenas Tabasco. México. C. Postal 86500.

‡ Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Periférico Carlos Molina. Carretera Cárdenas-Huimanguillo. Cárdenas Tabasco. México. C. Postal 86500.

§ Instituto de Geografía Tropical, CITMA, CUBA

** Instituto de Geografía Tropical, CITMA, CUBA.





PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO
RED IBEROAMERICANA DE BIOECONOMÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO



3.1 Metodologías para estudiar el cambio climático

Ángel Sol Sánchez, Ph.D.^{*}, Gloria Isele Hernández Melchor, Ph.D.[†], Juan Manuel Zaldívar Cruz, Ph.D.[‡], Odil Durán Zarabozo Ph.D.[§], Orestes Sardiñas Gómez, M.Sc.^{**}

Resumen

El artículo hace énfasis en las metodologías para estudiar las variaciones del cambio climático.

Se analiza las concentraciones de los gases de efecto invernadero y el efecto esperado en las actividades productivas, fundamentalmente en la producción de alimentos. De igual manera, se analiza los efectos invernadero, el incremento de los gases efectos invernadero, y los gases que tienen relación con el efecto invernadero como el Dióxido de Carbono (CO₂), el Metano (CH₄). Se abordó la metodología para la cuantificación de emisiones por combustión de energéticos. Y finalmente, las medidas para facilitar la adaptación al cambio climático. La biodiversidad, su medición y modificaciones ante el cambio climático.

Jel Classification: C: 01; Q:52; Q:53; Q:54;

Palabras Claves: Gases efecto invernadero, Cambio Climático, Ecosistemas, Adaptación, Mitigación, Resiliencia.

* Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Área de ciencia Vegetal. Líder de la Línea Prioritaria de Investigación "8" Impacto y Mitigación del Cambio Climático. Km 3.5 periférico Carlos Molina. Carretera Cárdenas-Huimanguillo. Cárdenas Tabasco. México. C. Postal 86500. sol@colpos.mx.

† Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Periférico Carlos Molina. Carretera Cárdenas-Huimanguillo. Cárdenas Tabasco. México. C. Postal 86500.

‡ Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Periférico Carlos Molina. Carretera Cárdenas-Huimanguillo. Cárdenas Tabasco. México. C. Postal 86500.

§ Instituto de Geografía Tropical, CITMA, CUBA

** Instituto de Geografía Tropical, CITMA, CUBA.



Generalidades

El Cambio Climático es consecuencia de actividades antrópicas y evolutivas del planeta, que han traído consecuencias de índole ambiental y económica en el planeta. Esta modificación es de carácter muy importante ya que significa un cambio de los componentes de los ecosistemas y de su biodiversidad, así como de los sistemas productivos, que constituyen la alimentación de la población mundial, por lo que se debe invertir en ella (FAO, 2012).

La modificación del clima genera un impacto mayor de lo podría imaginarse, ya que impacta en los ecosistemas acuáticos, terrestres y su biodiversidad, así como en los sistemas productivos y su volumen de producción. Del mismo modo, impacta en las áreas de conservación y sus recursos (March, et al., 2010).

A nivel mundial, las actividades Antrópicas son las responsables de la pérdida de un alto porcentaje de la biodiversidad y de la transformación de la estructura de los ecosistemas, así como de la movilidad de especies entre ciudades e incluso entre continentes, que lejos de cubrir una necesidad de la población se han convertido en plagas que han destruido ecosistemas y sistemas productivos (pez diablo).

Mientras haya una modificación del clima existe la seguridad de que las manifestaciones del mismo, se observaran en diferentes ámbitos y magnitudes, por ejemplo en huracanes, sequías prolongadas, heladas, Inundaciones, que a su vez podrían convertirse en un problema mayor como serian los incendios y apariciones de nuevas plagas y enfermedades (Sol, 2013).

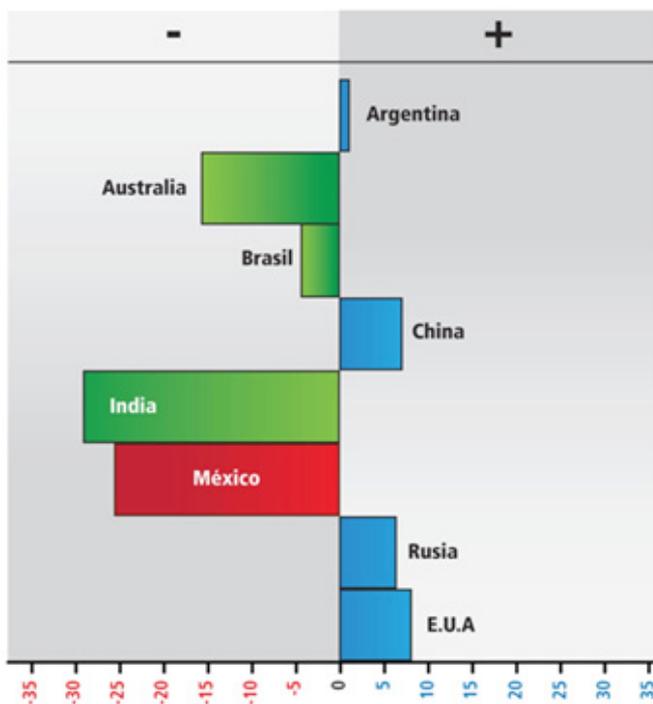
2. Las concentraciones de gases de efecto de invernadero

Las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero han aumentado paulatinamente desde antes de la revolución industrial, debida a la quema de combustibles fósiles y leña como fuente de calor. Estos factores aunados a los fenómenos naturales han sido capaces de modificar el clima, y con el crecimiento de la población, el uso de productos químicos y la necesidad de producir alimentos y transporte, estos se han acelerado y actualmente se le brinda atención al impacto del cambio climático en forma global (gráfica 1).

Considerando que el cambio climático no se encuentra en su momento de máximo impacto sobre la tierra, se esperan consecuencias mayores en los próximos años. Basado en análisis de datos históricos, Sachs (2010) estima que para el año 2080, habrá una reducción en la producción de alimentos como consecuencia del cambio climático. En algunos países se verán afectados y otros beneficiados. En ese sentido, La India dejara de generar el 30% de su producción; México reducirá el 27%, Australia un 15 % y Brasil un 5%. Por otro lado, algunos países que se verán beneficiados serán los Estados Unidos que se proyecta un incremento 9 % en su producción de alimentos, Rusia y China un 8 % y Argentina un 1% (Grafica 1).

Considerando que la escasez de alimento trae consigo migración, es de esperarse que países como Estados Unidos, Rusia, China se vean invadidos de inmigrantes en busca de oportunidades para trabajar y producir alimentos. Ante esta visión (Sol, 2013) considera que la mejor forma de hacer frente al cambio climático a nivel regional es potenciar el cultivo de las especies frutales locales, que poco se conoce de ellas en los mercados pero que juegan un papel muy importante en la economía y alimentación de las familias en zonas rurales, como una medida de arraigo en sus lugares de origen (Figura 1.)

Desde el punto de vista técnico y operativo, lo más conveniente en relación al cambio climático es tratar de aprovechar los recursos locales que tienen potencial de adaptación a las condiciones cambiantes del clima, manejarla en beneficio de la población y ajustar nuestros hábitos alimenticios, no a lo que la persona quiere sino a los recursos locales que sean eventualmente fáciles de producir o adquirirse.



Grafica 1. Porcentaje de cambio en la producción agrícola por efecto del Cambio Climático Global hacia el año 2080 (Modificado de Sachs, 2010)

Las consecuencias del cambio climático son: la modificación de la temperatura de la superficie terrestre y marina, modificación de los patrones espaciales y temporales de las precipitaciones, elevación del nivel del mar y aumento de la frecuencia e intensidad de los fenómenos climáticos (sequías, inundaciones, heladas, ondas de calor). Estos cambios han afectado la estación de la reproducción de la fauna y flora, la migración de los animales, la estación de crecimiento, la distribución de las especies y el tamaño de sus poblaciones.

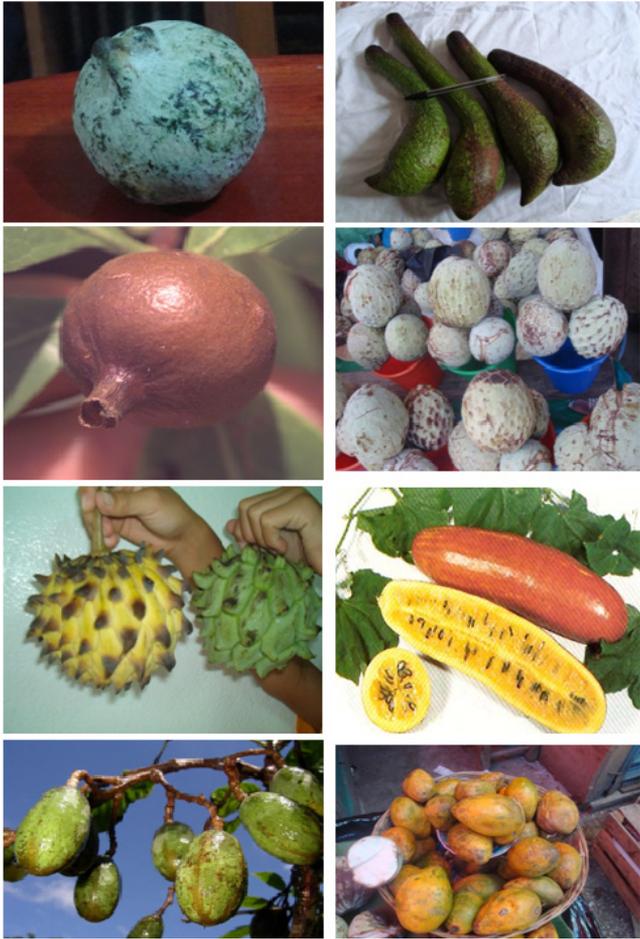


Figura 1. Especie con potencial del sur de México. *Salacia elliptica* (Mart.) G. Don (Gogo), *Persea schieddeana* Nees (Chinin), *Alibertia edulis* A. Rich, (Castarrica), (*Annona diversifolia* Saff), biribá (*Rollinia mucosa* (Jacq) Bail), melocoton (*Sicana odorifera* Vell), jobo cimarron (*Spondias radlkoferi* J. D. Smith (jobo cimarron), (*Pouteria campechiana* (HBK.) Baehni (Kanisté).

Por otra parte, el efecto general estimado del cambio climático provocado por el hombre muestra que el hábitat de muchas especies se desplazará hacia los polos, o hacia altitudes mayores respecto a sus emplazamientos actuales Lorente et al., (2004); Sachs, (2010).

3.- Efecto de invernadero

Este fenómeno se conoce así porque diversos gases de la atmósfera retienen parte de la energía liberada por la superficie de la tierra al haber sido calentada con la energía del Sol. Este fenómeno impide que la energía liberada por el calentamiento de la tierra se disipe nuevamente al espacio, produciendo un efecto similar al que se presenta en un invernadero, esta retención de la temperatura permite la actual temperatura de la tierra, en caso contrario la temperatura de la tierra sería de -18°C (Solomon et. al., 2007; Pereyra, 2012).

Los principales gases de efecto de invernadero, sus orígenes y permanencia en la tierra se citan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Principales gases efecto invernadero (GEI) (Bauer, 2009)

Gas	Origen	Permanencia en la atmósfera
Bióxido de carbono (CO_2)	Combustibles fósiles Deforestación Quemas	100 años
Metano (CH_4)	Arroz, ganado Combustibles fósiles Quemas	10 años
Óxido nitroso (N_2O)	Fertilizantes Deforestación Quemas	170 años
Clorofluorocarburos (CFC's)	Industrial (aerosoles, refrigerantes, espumas)	60-100 años

En términos simples el efecto invernadero permite que la energía que llega a la tierra sea liberada en forma lenta al exterior y esto a su vez, que la temperatura de la tierra se mantenga tal cual.

3.1 Incremento de concentración de gases de efecto invernadero

En sí el incremento de los gases de efecto de invernadero se inicia desde la aparición de la agricultura (12,000 años) en la cual, el hombre empieza a domesticar especies, cocinar sus alimentos y transformar las áreas para practicar sus cultivos. De ese periodo a la actualidad han ocurrido eventos de trascendencia que han favorecido las condiciones para la acentuación

del cambio climático global, como consecuencia del incremento de los gases de efecto de invernadero.

(Cuadro 2). Sin embargo, es en fechas recientes que se ha prestado atención a este fenómeno. Estas actividades han sido necesarias, pero con el incremento de la población su impacto ya se considera una amenaza al universo.

Cuadro 2. Actividades humanas y emisión de los gases efecto invernadero

Época	Actividad
Hace 12 000 años	Se inicia la agricultura en China y Mesopotamia. Periodo Paleolítico
Hace 8 000 años	Durante la última etapa de la Edad de Piedra, los europeos queman los bosques para transformarlos en suelos agrícolas. La tendencia observada hacia una disminución en la producción de Gases Efecto Invernadero, se revierte.
Hace 5 000 años	Los campesinos del Sur de China comienzan con el cultivo del arroz bajo sistema de inundación. La producción de metano que iba a la baja durante los 6000 años anteriores revierte esta tendencia.
Hace 2 000 años	En Europa, India y el sureste asiático ya se han deforestado grandes extensiones para dedicarlas al cultivo de trigo. Los campesinos del sureste asiático comienzan a construir terrazas para el cultivo del arroz.
Hace 200 años	Se inicia el uso de combustibles fósiles y se acentúa la deforestación acelerada. Ambos factores, producen Gases Efecto Invernadero sin precedente.
Hace 28 años (1981)	Se percibe el fenómeno del Cambio Climático Global, consecuente al enriquecimiento atmosférico de Gases Efecto Invernadero, (como una amenaza al incremento registrado en las tres décadas precedentes en la producción de alimentos).

Modificado De Bauer, 2009.

Específicamente para el dióxido de Carbono, este se ha incrementado desde 275 ppm antes de la revolución industrial a 315 ppm con el uso de las primeras estaciones de medición exactas en 1958, hasta 361 ppm en 1996. (www.cambio climatico\350CaCli.htm)

Los niveles de metano se han duplicado en los últimos cien años pasando de 0.8 ppm en el año 1800 a 17 ppm 1955. La cantidad de Óxido de Dinitrógeno se ha incrementado a un ritmo de 0.25% anual, en la época preindustrial fue de 0.275 p.p.m.v y 0.310 p.p.m.v para el año 1992 (Baethgen s.f)

Como consecuencia del retraso provocado por los océanos, los científicos no esperan que la tierra se caliente todos los 1.5 - 4.5 °C hasta hace poco previstos, incluso aunque el nivel de CO₂ suba a más del doble y se añadan otros gases con efecto invernadero. En la actualidad el IPCC predice un calentamiento de 1.0 - 3.5 °C para el año 2100 (www.cambio-climatico\350CaCli.htm).

La suma de los gases de efecto de invernadero impactara principalmente en el sector agropecuario ya que disminuiría en algunas regiones y aumentaría en otras como lo predice Sachs (2010). (Reilly et al., 1996), apoyan esta teoría pero señalan que solo las regiones tropicales y subtropicales serán las más impactadas.

3.2 Gases que tienen relación en el efecto de invernadero

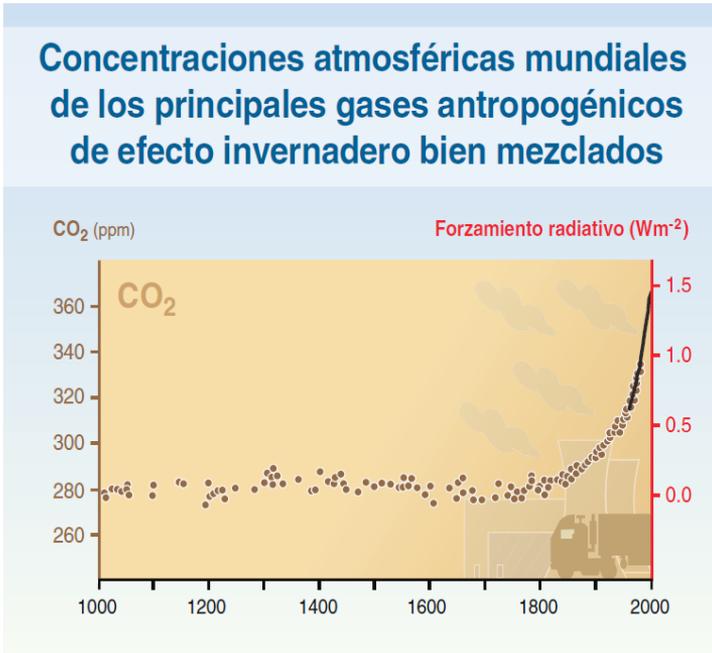
3.2.1. Dióxido de Carbono (CO₂)

Este es un tipo de gas que no se encuentra en grandes cantidades en la atmósfera, pero que es de gran importancia pues ayuda a retener el calor proveniente del sol en la atmósfera, de otro modo la temperatura de la tierra sería muy fría. Este gas proviene de la respiración de los seres vivos, del mismo modo la combustión produce altas concentraciones de bióxido de carbono, principalmente en incendios forestales, las chimeneas de las fábricas, los motores de los automóviles y de cualquier actividad que implique combustión.

Las concentraciones mensuales de CO₂ observadas en la atmósfera superaron en 2012 el valor simbólico de 400 partes por millón en varias estaciones de vigilancia de la atmósfera global situadas en el ártico. Así, durante 2013 las concentraciones horarias y diarias superaron dicho umbral en otras partes del mundo, como Mauna Loa, en Hawaii, la estación de medición atmosférica continua más antigua del mundo, que se considera como una referencia de la vigilancia de la atmósfera global.

Al ritmo de crecimiento actual, la concentración media mundial de CO₂ superará las 400 partes por millón en 2015 o 2016. El CO₂ es el gas con mayor contribución relativa al efecto invernadero, esto es un 65% (IPCC, 1996).

El uso de combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas natural para producir energía para el transporte, calor, y generación de electricidad son las principales fuente de emisiones de CO₂ (IPCC, 1996). Otras fuentes son el cambio de uso del suelo de forestal a agropecuario, donde se libera entre el 15 y 20 % de Dióxido de Carbono (IPCC, 1996).



Comportamiento de los niveles de Dióxido de Carbono en la Atmosfera en el último milenio, Atribuibles al crecimiento industrial desde el año 1750. (IPCC, 1996)

Una situación con excelente potencial para alcanzar balances positivos de CO₂ en el sector agropecuario es la siembra directa (sin labranza). Esta técnica de labranza permite acumular hasta 1 Ton de carbono/ha/año cuando se utiliza en suelos que han perdido cantidades importantes de materia orgánica (Martino y van Hoff, 1999).

3.2.2. Metano (CH₄)

El metano (CH₄) es el segundo gas en importancia en relación al efecto invernadero, con una contribución relativa estimada en 20% (OMM, 2013).

Las fuentes de emisión de este gas más importantes en el mundo son: la descomposición de basura, los sistemas energéticos basados en petróleo y gas natural, la actividad agropecuaria (fermentación entérica y producción de arroz), las minas de carbón, el tratamiento de aguas residuales y algunos procesos industriales (EPA, 2000).

En 2012, el metano atmosférico alcanzó un máximo sin precedentes de 1819 partes por millón de millones (ppb), es decir, un 260% del nivel preindustrial, debido al incremento de las emisiones procedentes de fuentes antrópicas (REVE, 2012).

La contribución del CH₄ al efecto invernadero a escala global es muy alta debido al mayor potencial de calentamiento que caracteriza a este gas. En efecto, los gases de efecto invernadero presentan una capacidad diferente de atrapar calor en la atmósfera. Por esta razón el IPCC (1994) ha definido el concepto de Potencial de Calentamiento Global (PCG) de diferentes gases, tomando como referencia al CO₂. El CH₄ es 21 veces más efectivo que el CO₂ en atrapar calor y 310 para el Óxido Nitroso (N₂O) (OMM, 2013).

El metano se produce normalmente durante el proceso digestivo de los animales y la cantidad producida y excretada depende fundamentalmente del tipo de animal, y el tipo de dieta a la que los animales están sujetos. El tipo de sistema digestivo es el factor más determinante de las cantidades de metano producidas y emitidas. Los rumiantes (ganado vacuno, ganado ovino) son los que producen mayores cantidades debido a la fermentación entérica que tiene lugar en el rumen durante la digestión. Por otro lado los animales de mayor tamaño y/o mayor edad tienden a producir mayores cantidades de Metano (Baethgen y Martino s/f).

El tipo de alimento que los animales consumen es el otro factor determinante de las cantidades de metano emitido: cuanto menos digestible es el alimento más metano se produce (Crutzen et al., 1986). Por sus características innatas, el sistema digestivo también produce metano, un potente gas con efecto invernadero que contribuye con aproximadamente el 18% del calentamiento global ocasionado por actividades productivas con animales domésticos, superado sólo por el CO₂.

Aunque también se sabe que la agricultura y la producción pecuaria contribuyen ampliamente a las emisiones antrópicas de metano (CH₄), Dióxido de Carbono (CO₂) y Óxido Nitroso (N₂O) a la atmósfera.

El aumento de las concentraciones de estos gases provoca un calentamiento de la superficie terrestre y la destrucción de la capa de ozono en la estratosfera. Cerca de 500 millones de toneladas métricas/año de metano ingresan a la atmósfera debido a actividades antrópicas y fenómenos naturales.

El metano en campos de arroz es originado fundamentalmente por la descomposición anaeróbica de la materia orgánica llevada a cabo por microorganismos del suelo. El metano generado de esta manera es liberado a la atmósfera por tres vías principales: (a) por burbujeo en el agua de inundación; (b) por difusión desde la superficie del agua de riego; y (c) por difusión a través de los tejidos de las plantas de arroz durante la estación de crecimiento.

4. Metodología para la cuantificación de emisiones por combustión de energéticos

En general, las emisiones de gases de efecto invernadero por la combustión de energéticos se calculan multiplicando el consumo de combustible por el factor de emisión correspondiente para cada combustible.

La cuantificación de emisiones se lleva a cabo para los principales gases de efecto invernadero emitidos durante la combustión. En este proceso, el Carbono se emite inmediatamente como CO₂. Adicionalmente, se emite Carbono en formas como Monóxido de Carbono (CO), Metano (CH₄), Óxido de Nitrógeno (N₂O), y otros Compuestos Orgánicos Volátiles (COV).

Con el fin de homologar el efecto invernadero de estos gases, las emisiones de gases no-CO₂ pueden expresarse en términos de CO₂ equivalente (CO₂e). En general, las emisiones de CO₂ por combustión dependen del contenido de carbono del combustible considerado, y son independientes de la tecnología de combustión empleada. (Metodologías para la cuantificación de emisiones de gases de invernadero y de consumo de energéticos evitados por el aprovechamiento sustentable de energía, 2009)

4.1 Emisiones de GEI por combustión, por energético

$$E_{g,f}^c = C_f \cdot FE_{g,f}$$

Donde:

$E_{g,f}^c$ = emisiones de gas de efecto invernadero "g" por la combustión del energético "f" (kg de GEI)

C_f = consumo del energético “f” (TJ)

$FE_{g,f}$ = factor de emisión estándar de gas “g” en la combustión del energético “f” (kg / TJ)

4.2 Emisiones de GEI por combustión, totales por gas

Donde:

$E_{g,t}^c$ = emisiones de gas del gas “g” (kg de GEI)

$C_{f,t}$ = consumo del energético “f” (TJ)

$FE_{g,t,r}$ = emisiones del gas “g” por la combustión del energético “f” (kg de GEI)

Las metodologías utilizadas para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas de interés para el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, señalan una fórmula generalizada para conocer la emisión de gases que se relacionan con el efecto de invernadero y que puede emplearse para la emisión de los gases contaminantes enlistados en el Decreto Supremo N° 138/05 del Ministerio de Salud de Chile (tabla 1).

Tabla 1. Listados de gases contaminantes del Decreto Supremo N° 138/05 del Ministerio de Salud de Chile.

1	Ácido sulfhídrico/Sulfuro de hidrógeno (o TRS)	10	MP10
2	Arsénico	11	Nitrito más Nitrato (y NOx)
3	Benceno	12	Nitrógeno amoniacal (o NH3)
4	Compuestos Orgánicos Volátiles	13	Partículas Totales Suspendedas (PTS)
5	Dibenzofuranos policlorados (PCDF)	14	Plomo
6	Dibenzoparadioxinas policloradas (PCDD)	15	SOx
7	Dióxido de carbono (CO2)	16	Tolueno / metil benceno / Toluol / Fenilmetano
8	Metano (CH4)	17	Mercurio
9	Monóxido de carbono	18	

Se indican los factores de emisión para cada una de las 11 categorías de fuentes requeridas, para la estimación de emisiones. Se señalan ejemplos para cada uno de los sectores que deben declarar por el D.S. MINSAL 138/2005, y cómo se aplican.

4.3. Medidas para facilitar la adaptación al cambio climático

Los siguientes párrafos corresponden a un extracto de los párrafos 28-29 del informe sobre el cambio climático, manual de usuario para las directrices sobre comunicaciones nacionales de las partes.

Las bases para la generación de la información pueden provenir de las directrices técnicas del IPCC para evaluar impactos del cambio climático y adaptaciones, e incluir una breve información sobre los sistemas, sectores y áreas humanas que son vulnerables y principales limitaciones de la vulnerabilidad y la adaptación (metodológica, técnica, institucional y financiera).

Debe incluir también los efectos de los desastres relacionados con el clima y la capacidad de respuesta, la población, la seguridad alimentaria y la agricultura, urbanización, vivienda y recursos hídricos, clima y salud, además de los problemas medio ambientales y servicios financieros, seguros y servicios económicos

En relación a la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático el principal objetivo describir las condiciones (climática, ambiental y socioeconómica), tal como existen en el país, con enfoque en aquellos temas relevantes para una mejor comprensión de los efectos del cambio climático, la vulnerabilidad y la adaptación incluyendo fortalezas (resiliencia) y debilidades (vulnerabilidad), vínculos entre el clima, el medio ambiente y condiciones socio económico del país.

4.4. Enfoques metodológicos

Es importante señalar que las metodologías, enfoques y/o directrices que se utilizarán en la vulnerabilidad y la adaptación - evaluación, dependerá de las circunstancias nacionales del país o región con respecto a la disponibilidad de los datos y técnicos, financieros y recursos humanos. Existen diversos enfoques o metodologías generales para prescribir el proceso de evaluación de los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación (UNFCCC. 2003)

Cada enfoque incluye un conjunto de métodos y herramientas que podrían utilizarse en diversas etapas de la vulnerabilidad y de la adaptación. Estos métodos y herramientas incluyen modelos cualitativos y predictivos, estudios empíricos, la opinión de expertos y herramientas de soporte de decisiones

Aspectos relevantes a considerar son: propósito y objetivos de la evaluación, organización de los trabajos de evaluación y participación de las partes interesadas. Otros aspectos relevantes podrían ser el marco de políticas de adaptación del PNUD, las directrices sobre los PNA, los modelos regionales del clima y los modelos integrados MAGICC - SCENGEN y PRECIS, que comparten información similar (UNFCCC. 2003).

5. La biodiversidad, su medición y modificación ante el cambio climático

La diversidad florística y faunística, son los mejores elementos para evaluar un impacto en el ecosistema y sus especies como consecuencia directa o indirecta del cambio climático. Se han generado ya indicadores y algunas especies que han mostrado una respuesta adversa al cambio climático. El Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), la Comisión Europea y la iniciativa Climate Trackers han lanzado una campaña en la que 35 especies animales “explican”, de manera audiovisual, cómo les está afectando negativamente estos cambios, y qué podemos hacer los ciudadanos para evitarlo” (Obando 2008, González, 2013).

En algunas especies el efecto es directamente sobre sus presas, como el caso del oso gris donde su alimento esencial (el salmón) ha visto reducida drásticamente su población debido a una alteración en su ciclo de vida, lo que provoca que no haya alimento en el periodo habitual. Similar es el caso del tigre de bengala, donde la deforestación y la sequía han eliminado la cubierta vegetal donde habita y eliminado sus presas, o el caso de los alligator chino donde la extrema temperatura ha impedido que se generen machos en la población por citar algunos ejemplos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especies indicadoras de cambio climático, problema que genera y causa del problema

Especie	Nombre científico	Problema	Causa
Oso gris	Ursus horribiles	Escases de salmones	El calentamiento global ha alterado el ciclo de vida del salmon
Orangután	Pongo pygmaeus	Deforestación y sequía	Eliminación de la cubierta vegetal y desaparición de arboles comestibles
Tigre de bengala	Panthera tigris tigris	Deforestación y sequía	Eliminación de la cubierta vegetal y sus presas de caza

Especie	Nombre científico	Problema	Causa
Ciervo rojo	<i>Cervus elaphus</i>	Deforestación y sequía	Eliminación de la cubierta vegetal y desaparición de árboles comestibles
Corzo	<i>Capreolus capreolus</i>	Reducción de población	Por incremento de parásitos como elevación de la temperatura, que afectan esta especie
Marmota	<i>Marmota marmota</i>	Escases de alimento	Modificación de la vegetación de la cual se alimenta.
Zorro rojo	<i>Vulpes vulpes</i>	Escases de alimento, y de la población	Reducción de áreas de casa e Invasión hacia la zona de caza del Oso Polar
Oso polar	<i>Ursus maritimus</i>	Eliminación de hábitat de la especie	Derretimiento de los polos
Leopardo de las Nieves	<i>Panthera uncia</i>	Eliminación de hábitat de la especie	Derretimiento de los polos
Foca anillada	<i>Pusa hispida</i>	Eliminación de hábitat de la especie	Derretimiento de los polos
Morsa	<i>Odobenus rosmarus</i>	Eliminación de hábitat de la especie	Derretimiento de los polos
Pingüino pico rojo	<i>Pygoscelis papua</i>	Eliminación de hábitat de la especie	Derretimiento de los polos
Urogallo	<i>Tetrao urogallus</i>	Eliminación de hábitat de la especie	Derretimiento de los polos
Foca de weddell	<i>Leptonychotes weddellii</i>	Modificación de las corrientes marinas en la Antártida	Reducción de la cadena trófica
Orca	<i>Orcinus orca</i>	Escases de alimento	Reducción del plancton
Tortugas verdes	<i>Chelonia mydas</i>	Sin sitios para desovar	Destrucción de los sitios de nidación por erosión e inundaciones

Especie	Nombre científico	Problema	Causa
Tortuga carey	Eretmochelys imbricata	Destrucción de su hábitat	Blanqueo y destrucción de los corales
Delfín Mular	Tursiops truncatus	Destrucción de su hábitat	Blanqueo y destrucción de los corales
Ostrero	Haematopus sp	Acidificación de los océanos	Aumento de la temperatura
Ostrero común	Haematopus ostralegus	Acidificación de los océanos	Aumento de la temperatura
Tortuga laud	Dermochelys coriacea	Escases de machos	Aumento de la temperatura
Aligador chino	Alligator sinensis	Escases de machos	Aumento de la temperatura
Failecillo	Fratercula arctica	No hay eclosión de polluelos	Incremento de la temperatura
Corneja negra	Corvus corone	No hay eclosión de polluelos	Incremento de la temperatura
Libélula	Gomphus sp	Modificación de su hábitat	Tienen que migrar
Búfalo	Bubalus bubalis	Modificación de su hábitat	Tienen que migrar
Mosquitero silbador	Phylloscopus sibilatrix	Sin lugares de anidación	Altas temperaturas invernales
Cuco	Cuculus canorus	Sin insectos ara alimentarse	Suaves temperaturas invernales
Papamoscas	Ficedula sp	Transformación de comportamiento	Falta de alimento
Martin pescador	Alcedo sp	Transformación de comportamiento	Falta de alimento
Tortuga florida	Trachemys scripta	Invasora de otros ambientes	Calentamiento de las charcas

Este impacto en las condiciones de vida estaría causando que muchas especies animales y vegetales se vean obligadas a abandonar sus lugares, con el fin de encontrar las condiciones climáticas más adecuadas. Si las condiciones actuales prevalecen, el pronóstico señala la extinción de algunas especies

Para el caso de especies de flora, algunas especies de plantas indican la modificación del clima en forma más rápida que otras. Las briofitas

serían las especies más resistentes a este cambio debido a su alto poder de recobrar vida después de mucho tiempo en estado inerte; pero no puede decirse lo mismo de otras especies vasculares que requieren de un equilibrio hídrico en sus sistema y ambiente y que un alto porcentaje de su estructura está compuesto por tejidos suculentos como el género *Peperomia* en el caso de especies de zonas con alta humedad relativa, o los helechos arborescentes como *Cyathea* que alberga más de 470 especies pero que al romperse el equilibrio en el patrón hídrico cualquiera de ellas desaparecería del lugar.

Para el caso de bromelias, principalmente aquellas que viven en el fuste de los arboles de zonas selváticas, estas tenderían a desaparecer por el estrés causado por la falta de agua, ya que su hábitat se acompaña de agua en la base de las brácteas y esta agua a su vez permite el desarrollo de algunas especies de insectos y pequeños anfibios.

El aumento en la temperatura en estos ambientes significaría una sobrepoblación de algunas especies de orquídeas del Genero *Oncidium*, pero a su vez la reducción de la población de otras como *Brassavola nodosa* Hook, *Myrmecophylla tibiscinis* Bateman, *Oncidium cavendishianum* Bateman que requieren mayor humedad relativa durante su periodo de floración.

Otro caso importante a considerar es el manglar donde la intrusión salina provocaría una alteración en las concentraciones de sal, lo que conllevaría a *Rhizophora mangle* L. a colonizar sitios ocupados por *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa* L. Gaerth, como está sucediendo en la actualidad en la parte sur de la alguna machona de Cárdenas Tabasco, donde se han iniciado la colonización de mangle rojo en sitios ocupados por mangle negro (*Avicennia germinans* L.) (Sol et al., 2013).

La mejor forma de apreciar estos cambios en los ecosistemas es a través de comparaciones de riqueza de especies (número de individuos por unidad de área) en periodos distintos pero para un mismo sitio. Dado que en las unidades de muestreo se contabilizan todos los individuos, es de esperarse que en mediciones subsecuentes aparezcan las mismas especies que en años anteriores y en abundancia similar. La desaparición de una especie o la reducción del número de individuos es señal de un cambio en las condiciones del lugar.

Los periodos de floración de las especies son muy importantes para señalar los efectos del cambio climático. En Tabasco la especie guayacán (*Tabebuia chrysantha*) Jacq Nicholson generalmente florece en el mes de abril (en semana santa), pero en el 2013 muchos árboles de esta especie florecieron en enero, es decir tres y medio meses antes de su periodo regular. Esta misma especie en el 2014 inicio su floración el día 16 de marzo, es decir 30 días antes que su periodo regular de años anteriores de floración. Es lógico que este desorden atípico de floración se deba a modificación del clima principalmente a aumento de la temperatura, puesto que esto estimula la eliminación de las hojas del árbol para permitir la floración. De otras especies claves igualmente deberá estudiarse su fenología reproductiva para evaluar cambios en su conducta.

Los índices de diversidad son igualmente importantes para evaluar el comportamiento de las especies. Es de esperarse que muestreos repetitivos en un sitio o sitios aledaños, generen valores de índice de diversidad muy cercanos entre sí, cuando esto no ocurre, es urgente analizar los factores ambientales, temperatura y precipitación que podrían estar afectando a las poblaciones de plantas (Sol et al., 2001).

La colonización de ciertos ambientes con especies no propias el lugar, principalmente hacia altitudes menores es un indicio de que el cambio climático ha impactado esos ambientes, por lo que habrá que adaptarse a esas nuevas circunstancias.

Medidas para reducir y enfrentar el cambio climático global

- Lo primordial es reducir en la medida de lo posible las emisiones de bióxido de carbono
- Procurar en forma urgente energías alteras no contaminantes
- Evitar todo tipo de quemas
- Promover el uso de transportes públicos u otras fuentes móviles no contaminantes
- Evitar la deforestación para establecer monocultivos
- Acatar las medidas de control para evitar e incremento de gases de efecto de invernadero

En el sector agrícola (Tijerina, 2008)

- Captura y almacenamiento de agua de lluvia con métodos tradicionales (pequeños embalses, jagüeyes, sistemas de canales, terrazas y semiterrazas, etc.)
- Uso de agua residual tratada
- Riego por goteo y sistemas tecnificados similares
- Uso de especies vegetales de raíz profunda, perennes, con bajos requerimientos de agua y tolerantes a la sal
- Rotación de cultivos u otros métodos relacionados
- Ajuste en los coeficientes de agostadero, cambios de ubicación de abrevaderos, cambios de regímenes de pastoreo y manejo de hatos, fomento al manejo holístico, utilización de especies y/o razas alternativas de ganado
- Manejo de escorrentía (usada desde la antigüedad en África y Medio Oriente) Utilizada en el Desierto de Negev, Israel posibilita cosechas en áreas con precipitaciones de sólo 100 mm/año y recientemente es aplicada en otras zonas de Israel, Libia, Túnez y otros países
- Elección de otras prácticas agrícolas tradicionales
- Desarrollo de variedades mejor adaptadas a los cambios en las condiciones del suelo
- Almacenamiento preventivo de granos y alimentos para compensar cosechas magras
- Labranza de Conservación (sin uso del arado)
- Diversificación de especies y variedades de cultivos y ganado

6. Conclusiones

La variación en los patrones climáticos impactara de manera significativa en todos los sectores de la sociedad desde los ecosistemas hasta la producción de alimentos, con impactos locales dependiendo del lugar que se trate.

Se espera una modificación al mosaico de cultivos a nivel mundial en el que desaparecerán áreas agrícolas y aparecerán otras en diferentes sectores del globo terráqueo con preferencia hacia zonas más templadas

Los cambios en los regímenes climáticos afectarán la producción de alimentos a nivel global aunque sus efectos serán diferentes según las áreas geográficas

Para el caso de la fauna esta presentara un patrón de migración hacia zonas donde se tengan las condiciones propicias para su desarrollo

En virtud de que el cambio climático es un proceso gradual, las metodologías para el estudio del comportamiento de las especies se generaran conforme se estén dando, pues en la actualidad aun no se tienen métodos específicos para cada grupo de vertebrados, ni de flora específica, sino generalidades.

CASO CUBA

Introducción

El cambio climático se fundamenta, según expertos, por los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado de nieves y hielos y el aumento del promedio mundial del nivel del mar, y plantea como muy probable que la mayoría del incremento en las temperaturas globales del planeta observadas desde mediados del siglo XX, se deban mayormente al incremento observado en las concentraciones en la atmósfera de gases de efecto invernadero a causa de la utilización de combustibles fósiles por parte del hombre y de las actividades agrícolas que éste realiza.

Todo ello provoca efectos entre los cuales cabe citar el incremento en la intensidad de los huracanes en el Atlántico Norte desde la década de los años 70, cambios en la salinidad y niveles de oxígeno de las aguas oceánicas, los incrementos en la inestabilidad del suelo en regiones de permafrost y de avalanchas de rocas en regiones montañosas, más grandes lagos de glaciares, eventos extremos de sequías o intensas precipitaciones, un aumento de la erosión costera, y retrocesos de la línea de costa en determinadas regiones, por citar algunos.

Nuestro país no es ajeno a estos efectos. BASAL (2013) incluye como principales manifestaciones del cambio climático en Cuba a las siguientes:

- La variabilidad del régimen hídrico, que se manifiesta tanto en la incidencia de sequías cada vez más intensas y frecuentes, como en la ocurrencia de fuertes lluvias
- El aumento de la temperatura mínima del aire, que se traduce en una reducción de la variación diaria de la temperatura, lo que a su vez aumenta la incidencia de plagas y enfermedades y lleva a una disminución en las cosechas agrícolas.
- El aumento del nivel del mar, responsable de la salinización de las aguas subterráneas y el suelo agrícola, así como de las inundaciones en algunas zonas costeras

Tanto el ascenso del nivel medio del mar como el incremento del número e intensidad de eventos meteorológicos extremos impactarán de manera inobjetable sobre la agricultura, en Cuba. Hay que considerar que la consideración insular del país, su configuración estrecha, la reducida disponibilidad de recursos, la concentración de población, asentamientos, infraestructura y de actividades económicas a lo largo de la costa son aspectos a considerar en la valoración de los impactos esperados (Editorial Academia, 2008). El hecho de que el grueso de la agricultura en Cuba se desarrolle hacia el interior del país, donde abundan los mejores suelos, es en cierta medida una fortaleza para enfrentar los impactos esperados sobre esa actividad, pero no por ello puede considerarse exenta de sufrir sus consecuencias.

Una importante cantidad de asentamientos humanos afectados por el incremento de las penetraciones del mar, una de las peores consecuencias de los eventos meteorológicos extremos, se vinculan a actividades agrícolas (incluyendo forestales y ganaderas). Se estima que las afectaciones permanentes en superficies forestales alcanzarán 14 870,3 km² y 28 146,4 km² en los años 2050 y 2100 respectivamente. Las afectaciones en cultivos se estiman en menor cuantía, pero se prevén importantes incidencias en cultivos permanentes y pastos en zonas muy bajas y de mal drenaje. De los 1 075,2 km² previstos a ser ocupados permanentemente por el mar, el 83,3 % corresponde a pastizales, y afecta en mayor medida a la provincia de Camagüey (58 %) y en menor grado a la cuenca del río Cauto, Villa Clara e Isla de la Juventud. La afectación a cultivos permanentes como la caña

de azúcar (en 13,6 km²) y frutales (en 4 km²) es también esperada se produzca a consecuencia de la pérdida de territorio por el avance del mar (Editorial Academia, 2012).

La identificación de los impactos socioeconómicos que provocarán los efectos del cambio climático sobre la agricultura en Cuba será, necesariamente para este trabajo, de formulación general pues la consideración de la escala nacional no permite advertir particularidades específicas que pueden amplificar, desconocer o advertir nuevos impactos a escala más local. Entre estas particularidades pueden citarse la agroproductividad de los suelos, el tipo de cultivo, la calificación y disponibilidad de fuerza de trabajo, la vocación del territorio, la capacidad de maniobra de los gobiernos, entre otras muchas que indudablemente incrementarían el espectro de impactos a considerar.

La definición utilizada de impactos socioeconómicos reconoce varios aspectos ambientales en los cuales cabe esperar se produzcan impactos, pero a ellos se adicionan otros en cuyo ámbito pueden sucederse también impactos de consideración, como puede ser por ejemplo el aspecto ambiental Innovación. De igual manera se desestiman otros aspectos como las normas de comportamiento social y los valores morales, donde no se vaticinan impactos de significación. Es válido señalar que los impactos esperados en la esfera social y económica tienen un carácter indirecto, al deberse sobre todo a la acción sobre el medio natural de los efectos más probables para Cuba del cambio climático.

Entre los impactos socioeconómicos del cambio climático en la agricultura cubana, pueden citarse los siguientes:

Dentro del ajuste de los sistemas humanos y naturales que representa la adaptación al cambio climático, la prevención y la planificación tienen a su favor el factor de anticipación, que permite actuar proactivamente. En la medida en que los agricultores estén preparados para enfrentar los impactos (socioeconómicos u otros) producidos por los efectos del cambio climático, su capacidad de respuesta será mayor y se avanzará en la sostenibilidad de la actividad y la seguridad alimentaria. Por tanto, la estrategia de adaptación al cambio climático en la agricultura deberá, necesariamente, que privilegiar esas líneas de actuación.

Variables de decisión (medidas de gestión o cambios en las condiciones del sistema)	Indicadores de salida	Gráficos de salida
<ul style="list-style-type: none"> -Ampliación del área de un cultivo -Sustitución de un cultivo por otro -Modernización de una determinada practica de manejo agrícola -Inversión en el mantenimiento de la red de riego -Cambios en las condiciones climáticas 	<ul style="list-style-type: none"> -Demanda de agua mensual -Recursos hídricos disponibles -Porcentaje de demanda riego cubierta -Producción del cultivo por hectárea 	<ul style="list-style-type: none"> -Series temporales de los indicadores de salida (siempre acompañadas de los intervalos de confianza de acuerdo a la incertidumbre de los datos de entrada) -Diagramas de dispersión (scatterplot), para la determinación de las relaciones entre indicadores (por ejemplo, rendimiento agrícola de un cultivo frente a volumen de riego aplicado) -Gráficos radar, para la visualización simultanea de varios indicadores - Mapas dinámicos

Bibliografía

- BASAL (2013). Bases Ambientales para la Sostenibilidad Alimentaria Local. Documento del Proyecto, La Habana, CUBAENERGIA, 4-10 pp.
- Baethgen Walter E. y Martino D. L. S/F. Cambio Climático, Gases de Efecto Invernadero e Implicancias en los Sectores Agropecuario y Forestal del Uruguay. International Fertilizer Development Center e Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, GRAS 16 p. en línea: marzo 2014. http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/publicaciones/ambiente/cc_gei_agrop_forestal.pdf
- Bueno, R.; Herzfeld, C.; Stanton, E.; Ackerman, F. (2008): El caribe y el cambio climático. Los costos de la inacción, Ed. Stockholm Environment Institute—US Center, y Global Development and Environment Institute, Tufts University, 35 p.
- CEPAL y GTZ (2009): Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña, documento de proyecto, Ed. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ), Santiago de Chile, 148 p.
- CEPAL (2011): The economics of climate change in the Caribbean, Ed. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Resumen Ejecutivo, Oficina Subregional para el Caribe, Puerto España, Trinidad y Tobago, 175 p.
- CONAMA (2012). Cumbre del desarrollo sostenible. Grupo de trabajo 12. Impacto medioambiental del sector marítimo. Emisiones atmosféricas. Documento final 76 pag. España
- Conde A.C (2006). Vulnerabilidad y Adaptación al cambio climático: descripción de un estudio de caso y los retos de las investigaciones actuales. Centro de Ciencias de la atmosfera de la UNAM 157-171 México.
- CONUEE. (2009). Metodología para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero y de consumos energéticos evitados por el aprovechamiento sustentable de la energía. Secretaría de Energía y Comisión Nacional para el uso eficiente de la energía. México D.F. 33 p
- Crutzen, P.J., I. Aselman, and W. Seiler (1986). Methane production by domestic animals wild ruminants and other herbivorous fauna. *Tellus* 38: 271-281
- Decreto Supremo 138/2005. Que establece obligación de declarar las emisiones que indica. MINISTERIO DE SALUD, DPTO. ASESORIA JURÍDICA. 3 p. Publicado en el Diario Oficial de 17.11.05. SANTIAGO, 10 DE JUNIO DE 2005
- Dixon, J.; Fallon, L.; Carpenter, R.; y Sherman, P. (1998), Análisis económico de impactos ambientales, Earthscan, Reino Unido
- DE LA ISLA DE BAUER, M. L. 2009. Visión preliminar del impacto del cambio climático global en el sector alimentario de México. En III COLOQUIO SOBRE AGROECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD: RETOS Y DESAFÍOS DE LA SUSTENTABILIDAD. Tuxtla Gutiérrez. Chiapas 7. p. Versión digital.
- Easterling, W., Crosson P., Rosenberg N., McKenney M., Katz L. A. y Lemon M, (1993): "Agricultural impacts of and Responses to Climate Change in the Missouri- Iowa, Nebraska-Kansas (MINK) region", *Climate Change*, 24(1,2): 23-62
- Editorial Academia (2008): Tabloide La Zona Costera de Cuba. Universidad para Todos, La Habana, 9- 17 pp.
- Editorial Academia (2012): Tabloide La Zona Costera de Cuba. Universidad para Todos, La Habana, 8- 15 pp.
- FAO, (2012). el estado mundial de la agricultura y la alimentación: invertir en la agricultura para construir un estado mejor.198 p. Roma Italia
- Galindo, L. M (coord.) (2010): La economía del cambio climático en México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México DF, ISBN 978-607-7908-06-07, 443 p.

- González O. (2013). Impacto del cambio climático en las aves silvestres. University of Florida.- School of natural Resources and environment. An university-wide program in ecology, environment science and sustainability. 24 p. en línea: marzo, 2014. https://www.academia.edu/2006140/Impacto_del_cambio_climatico_en_las_aves_silvestres
- J. March I., Cabral H. Echeverría Y. 2010. Una metodología para diseñar estrategias y planes de acción orientados a la adaptación del cambio climático para la conservación de biodiversidad, ecosistemas y servicios ecosistémicos. Programa de adaptación al Cambio Climático TNC-Region Mexico y Norte de Centroamérica. The nature Conservancy. 9 p. Mexico.
- INSMET (2012): Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático.
- IPCC (1996). Climate change 1995. The Science of Climate Change. Intergovernmental panel on Climate Change: J.T. Houghton, L. G. Meira, Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell, eds.; Cambridge University Press, Cambridge U.K.
- IPCC; (2007): Resumen para Responsables de Políticas. En, Cambio Climático 2007: Impactos y Vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, M. L. Parry; O. F. Canziani; J. P. Palutikof; P. J. van der Linden y C. E. Hanson; Eds., Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Lorente I., Gamo J., Gómez L., Santos R., Flores L., Galindo L., Navarro J. (2004). Los efectos biológicos del cambio climático. Ecosistemas 13(1) 103-110. España IIRRI 194. Climate Change and rice International symposium abstracts. International Rice Research Institute. Los Baños Philippines
- Markandya, A.; Hunt, A.; Boyd, R.; Taylor, T.; (2004): Metodología para valorar los costes de los impactos del cambio climático, Revista Economía, No. 57, pp. 154-215.
- OMM (2013). La concentración de gases de efecto de invernadero en la atmósfera alcanza un nuevo record. Comunicado de prensa Núm. 980. Organización Meteorológica Mundial. Organismo especializado de las Naciones Unidas. 4 p. Ginebra.
- Pereira, L. S. (2012). Alterações climáticas e agricultura: impactos e adaptação. Riego en cultivos y pasturas. 2do. Seminario Internacional. Salto. Uruguay
- Obando N. (2008). Los animales como indicadores de cambio climático. Marzo 2014: en línea: <http://elblogverde.com/los-animales-como-indicadores-de-cambio-climatico>
- Sachs J. (2010). Falsos ataques a la ciencia del clima. En Reforma. Ciudad de México). Sección Negocios, p. 6., 5 de marzo.
- Stern, N. (2007): The Economics of Climate Change: The Stern Review. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sol S. A. (2013), Restauración de ecosistemas a nivel de cuencas como una medida de atenuar efectos del Cambio climático. FORO-TALLER: CAMBIO CLIMÁTICO hacia la toma de decisiones frente a los riesgos y vulnerabilidad en Centla. Frontera, Centla Tabasco México.
- REVE (2012). Revista eólica y del vehículo eléctrico. en línea: <http://www.evwind.com/2012/11/21/niveles-record-de-las-concentraciones-de-gases-de-efecto-invernadero/>
- Sol S. A. Zenteno R. C. L., Zamora C. L. F., Torres R. E. (2001). Modelo para la restauración Ecológica de áreas alteradas. Revista Kukulcán de divulgación. Pp. 48-60
- Tijerina C. L. (2008). La agricultura en el contexto del cambio climático. 39 diapositivas. En: simposio sobre gestión conjunta en el control de contaminantes atmosféricos y gases de efecto invernadero en Norteamérica. México D.F
- UNFCCC. (2003). Reporting on climate change. User manual for the guidelines on national communications from non-Annex I Parties. 38 pgs. Germany