

Universidad Internacional del Ecuador



**Facultad de Ciencias Técnicas
Escuela de Ingeniería Automotriz**

**Trabajo de Integración Curricular
Artículo Investigación para la obtención del Título de Ingeniera en Mecánica
Automotriz**

**Estudio comparativo de la huella de carbono generada entre el combustible
ecopaís y extra en Quito a 2850m.s.n.m**

Joel Alexander Quijano Erazo

Director: Juan Fernando Iñiguez

Quito, septiembre 2021

CERTIFICACIÓN

Yo, **Joel Alexander Quijano Erazo**, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Joel Quijano



Yo, **Juan Fernando Iñiguez**, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Juan Fernando Iñiguez



Firmado electrónicamente por:
**JUAN FERNANDO
INIGUEZ
IZQUIERDO**

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi familia que siempre han estado ahí para apoyarme en todo lo que me he dispuesto a hacer, sobre todo a mis Padres que han confiado en mí y han puesto todo su esfuerzo en mi futuro. A todos mis seres queridos incluyendo amistades, pareja, familia y profesores que de alguna manera han influido en mi desarrollo personal y profesional.

Joel Alexander Quijano Erazo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre Natalia Erazo y mi padre Omar Quijano que han sido un pilar fundamental en mi crecimiento personal y profesional, eternamente agradecido con su esfuerzo y dedicación, espero devolver con acciones el gran trabajo que han hecho por mí. Gracias, hermanos por estar siempre cuando lo necesite. Agradezco a la universidad que me dio la oportunidad de crecer profesionalmente brindándome la mejor etapa de mi vida, extendiéndome la mano para crecer y conocer profesores y amigos realmente increíbles. Infinitamente a mi tutor Ing. Iñiguez por toda la gestión de mi trabajo final.

Joel Alexander Quijano Erazo

ÍNDICE ARTÍCULO

CERTIFICACIÓN	v
ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	8
1. INTRODUCCIÓN	12
2. MARCO TEÓRICO.....	13
2.2 Ciclo del carbono	13
2.3 Dióxido de carbono	13
2.4 Huella de carbono	14
2.5 Cambio climático	15
2.6 Efecto de la altitud sobre emisiones contaminantes	15
2.7 Gasolina	16
2.8 Gasolina Extra.....	17
2.9 Biocombustible.....	17
2.10 Gasolina Eco país (E5).....	18
2.11 Equilibrio químico de la combustión.....	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.2 Metodología: Cuantitativo comparativo.....	19
3.3 Instrumento de medición.....	19
3.4 Vehículo: Grand Vitara	20
3.5 Normativa Nacional.....	20
3.6 Prueba estática.....	21
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
4.2 Análisis teórico	21
4.3 Análisis práctico.....	22
4.4 Comparativa de datos prácticos.....	23
5. CONCLUSIONES	24
6. BIBLIOGRAFÍA	24
7. ANEXOS.....	28
7.2 ANEXOS INTRODUCCIÓN.....	28
Anexo 1	28
Anexo 2	31
Anexo 3	33
Anexo 4	35
Anexo 5	40

Anexo 6	49
7.3 ANEXOS MARCO TEÓRICO	54
Anexo 7	54
Anexo 8	56
Anexo 9	68
Anexo 10	78
Anexo 11	79
Anexo 12	83
Anexo 13	87
Anexo 14	92
Anexo 15	93
Anexo 16	97
Anexo 17	99
Anexo 18	103
Anexo 19	108
Anexo 20	110
Anexo 21	115
Anexo 22	120
Anexo 23	121
Anexo 24	123
Anexo 25	128
Anexo 26	129
Anexo 27	131
Anexo 28	136
Anexo 29	141
7.4 ANEXOS MATERIALES Y MÉTODOS	145
Anexo 30	145
Anexo 31	146
Anexo 32	147

Estudio comparativo de la huella de carbono generada entre el combustible ecopaís y extra en Quito a 2850m.s.n.m

Joel Alexander Quijano Erazo ¹

¹ *Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, joquijanoer@internacional.edu.ec, Quito - Ecuador*

RESUMEN

El presente estudio analiza de manera comparativa la huella de carbono emitida por la gasolina Ecopaís y extra en la altura de Quito a 2850m.s.n.m. El dióxido de carbono es el gas principal de estudio, por lo que la investigación se basa en cálculos teóricos y prácticos de este elemento. Teniendo en cuenta que todas las pruebas prácticas fueron realizadas en las mismas condiciones, con los instrumentos de medición calibrados en base a la norma ISO 9001:2000, Se determinó que la gasolina ecopaís emite un 1.93% menos de CO₂ en comparación a la extra de manera práctica y en base al cálculo teórico la diferencia de porcentaje de la gasolina extra versus la ecopaís es de 1.55%.

Palabras clave: Huella de carbono, dióxido de carbono, ecopaís, extra, 2850m.s.n.m.

ABSTRACT

This study comparatively analyzes the carbon footprint emitted by Ecopaís and extra gasoline in the altitude of Quito at 2850m.s.n.m. Carbon dioxide is the main gas of study, so the research is based on theoretical and practical calculations of this element. Considering that all the practical tests were carried out under the same conditions, with the measuring instruments calibrated based on the ISO 9001: 2000 standard, it was determined that ecopaís gasoline emits 1.93% less CO₂ compared to the extra of Practically and based on the theoretical calculation, the difference in the percentage of extra gasoline versus the eco-country is 1.55%.

Keywords: Carbon footprint, carbon dioxide, ecopaís, extra, 2850m.s.n.m.

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una de las principales problemáticas a nivel mundial, ya que afecta a todos los países y regiones del mundo. No obedece fronteras ni culturas, por lo que existe una responsabilidad social por contrarrestar el efecto invernadero. Si bien este problema es generado por una sobrepoblación, pues es indispensable buscar nuevas alternativas que ayuden a bajar los gases emitidos por la alteración del equilibrio natural. A medida que crece la población, crece a su vez las industrias, entre tantas, la de transporte por motores a combustión interna, lo que desemboca en una búsqueda a alternativas de combustibles amigables con el medio ambiente. [1]

El presente estudio está enfocado en realizar una comparativa de la huella de carbono generada por el combustible ecopaís y extra para determinar si es factible usarlo en Quito a 2850 m.s.n.m. Además, se analizó la variación de emisiones de dióxido de carbono con los distintos combustibles. Se evaluó el uso del biocombustible en zonas andinas del Ecuador y se determinó cuánto porcentaje de dióxido de carbono se disminuiría con su uso. En el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) las predicciones futuras de contaminación no son claras con respecto a aumentos o disminuciones significantes, sin embargo, varias investigaciones determinan un incremento de la temperatura para el año 2050 en 2,5°C. El efecto invernadero provoca un cambio de la temperatura global, lo que desemboca en una amenaza anual a varios sectores industriales, por lo que aumentaría el número de días de sequía consecutivos. Los días de precipitación están tendiendo a ser menos frecuentes en la zona de estudio, pero cuando llueve esta tiende a ser más extrema. [2]

La huella de carbono generada en la ciudad depende de muchas variables como; consumo de electricidad, agua, transporte, desperdicios, entre otros. Sin embargo, el sector del transporte es el que más incidencia tiene, según datos de la Agencia Metropolitana de Tránsito (AMT), el número de vehículos matriculados en 2019 fue de 465.908, considerado el más alto de los

últimos 6 años. El sector transporte genera 3'004.296 toneladas de Co₂ equivalente, el 66% de éstas corresponde al consumo de gasolina, mientras que el 33% a diésel. [3]

Por los problemas de contaminación en Quito se ha desarrollado la normativa NTE INEN 2204 emitida en el 2017, siendo parte de una segunda revisión, que establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por vehículos automotores que usan gasolina. Se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas, quiere decir que toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la Tabla 1. [4]

Tabla 1: Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí

Año modelo	%CO ^a		Ppm HC ^a	
	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

a= volumen; y b= altitud msnm.

Fuente: INEN [4]

Una alternativa para reducir la huella de carbono en el campo automotor son los biocombustibles que fomentan la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Actualmente de manera comercial se ha logrado implementar un porcentaje de etanol a la gasolina, derivado de elementos orgánicos como plantas o semilla. Los biocombustibles comercializados son los de segunda generación que se distinguen de los de primera generación, ya que se obtienen de vegetales que no tienen una función alimentaria [5]. Los biocombustibles de segunda generación suelen ofrecer reducciones del orden del 70-90% en

comparación con el diésel fósil y el petróleo, sin contabilizar el carbono emitido debido al cambio del uso de la tierra. En la figura 1 se muestran los niveles estimados de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, excluyendo los efectos del cambio del uso de la tierra. [6]

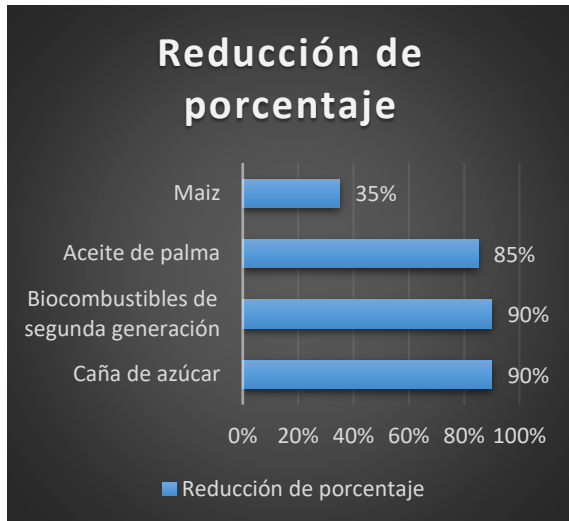


Figura 1: Reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero de determinados biocombustibles en comparación con los combustibles fósiles
Fuente: FAO [6]

2. MARCO TEÓRICO

2.2 Ciclo del carbono

Es un ciclo natural biogeoquímico donde el carbono circula a través de la atmósfera, entre océanos y todo el interior de la tierra y sufre distintos cambios a lo largo del tiempo. El carbono es un elemento indispensable para el desarrollo de la vida, ya que comprende renovación, recomposición, alimentación y sobrevivencia de seres vivos, el ejemplo más evidente es el de la fotosíntesis, que se lleva a cabo mediante las plantas que absorben este elemento para su alimentación y crecimiento. A través del aire es devuelto a la atmósfera en forma de dióxido de carbono, como se puede observar en la figura 2. Este ciclo es relativamente rápido, se estima que la renovación del carbono atmosférico se produce cada 20 años.

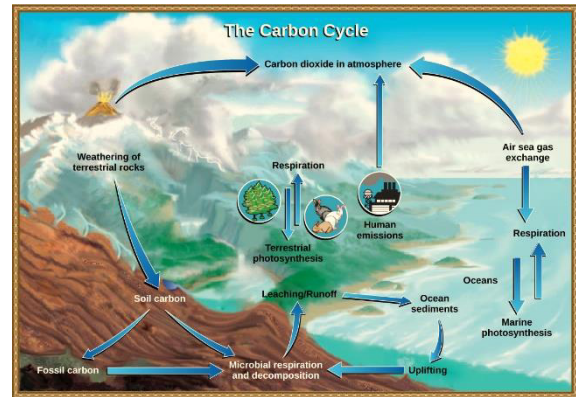


Figura 2: Ciclo del carbono
Fuente: Biogeochemicals [7]

Cuando las plantas o animales mueren su descomposición es absorbida por el suelo que después de millones de años se transforma en combustibles fósiles. El dióxido de carbono al cual se atribuye uno de los gases que mayormente causan el efecto invernadero es un elemento fundamental para retener el calor en la atmósfera, evitando de esa manera que la tierra sufra un tipo de congelamiento, sin embargo en la actualidad, el uso indiscriminado de combustibles fósiles y emisiones industriales han acelerado el paso de carbono del sistema climático hacia la atmósfera, aumentando los niveles de este, lo cual llevará a una readaptación del sistema global a las nuevas condiciones. [8]

2.3 Dióxido de carbono

El dióxido de carbono o también conocido como anhídrido carbónico es un gas compuesto por dos moléculas de oxígeno y una de carbono. Este elemento tiende a estar en estado gaseoso, sin embargo, al presentar presión y temperatura, puede cambiar su estado a líquido. El CO₂ es un gas con una vida media larga, cada nueva molécula que se produce permanecerá más de un siglo en la atmósfera señala Manuel López Puertas, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC). [9] Este gas se encuentra en la baja atmósfera y se transporta hacia las capas altas en un margen de tiempo de entre cinco y siete años, de forma que cualquier incremento repercutirá también en la alta atmósfera.

El instrumento “SABER” a bordo del satélite TIMED (NASA), ha medido entre 2002 y 2014 un incremento de la cantidad de dióxido de

carbono en la alta atmósfera de entre un 5% y un 12% por década, superior al detectado en las capas bajas. [10] Esto quiere decir que los gases de efecto invernadero están afectando no solo en la superficie de la Tierra, sino afecta poco a poco a las capas que las componen. Esto desemboca en un problema mayor, al alterar el equilibrio del planeta, este puede verse afectado en un lapso mucho menor del que como humanidad se esperaba.

El dióxido de carbono provocado por la combustión de combustibles fósiles es el principal gas que genera el efecto invernadero en el mundo. El gráfico 3 representa las emisiones totales generadas por la Unión Europea y el mundo calculadas en 2017. Teniendo en cuenta todos los países potenciales que incrementan estos valores, por la industrialización que manejan. En este gráfico se puede observar y verificar que el principal problema es el gas de efecto invernadero CO₂, que con un porcentaje del 82% supera a los demás causantes del cambio climático. Hay que considerar que los gases emitidos al medio ambiente no se quedan en un solo lugar, sino que se esparcen en todo el mundo y el problema afecta a todos los seres vivos.

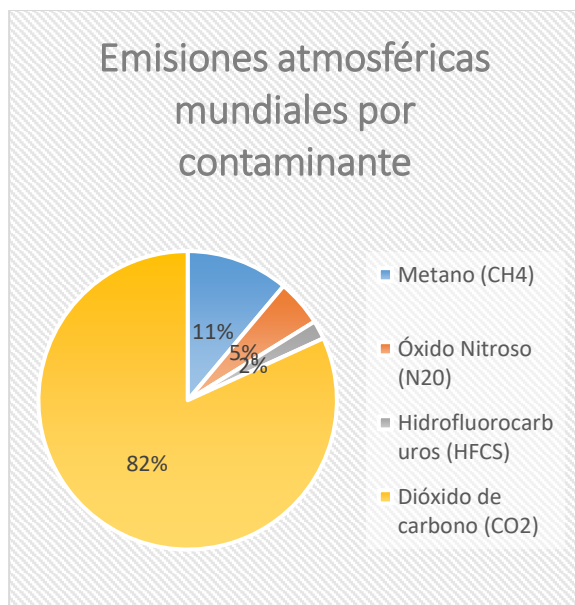


Figura 3: Emisiones de gases de efecto invernadero en la UE y en el mundo
Fuente: Parlamento Europeo [11]

2.4 Huella de carbono

La huella de carbono puede ser definida como la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos de manera directa o indirecta por un individuo, organización, evento o producto.

En el campo automotor se comercializa prácticamente un producto que en su mayoría su base para moverse es el derivado del petróleo o combustible fósil. Este campo ha crecido últimamente de manera indefinida, ya que a la población provoca una mayor demanda, es por eso por lo que cada persona que usa algún tipo de transporte a base de combustible emite una cierta cantidad de emisiones contaminantes, dejando una huella en el planeta que demora muchos años en procesar.

Entre los gases de efecto invernadero conocidos por sus siglas (GEI), el dióxido de carbono es el más importante GEI asociado a actividades humanas y el segundo gas más importante en el calentamiento global después del vapor de agua. En relación con las actividades humanas el CO₂ se emite principalmente, por el consumo de combustibles fósiles (carbón, petróleo y sus derivados y gas natural) [8]

Por las emisiones que han generado a lo largo del tiempo las organizaciones han estandarizado y agrupados tipos de huellas de carbono por quien lo produce. Hay normativas internacionales como ISO 14064, ISO 14069, ISO 14067, PAS 2050 o GHG Protocolo entre otras, que recogen este tipo de puntos. Por ejemplo, La huella de carbono emitida por una organización, que se analiza a las empresas o fábricas, por otro lado, en el caso del campo automotor una vez ya teniendo el producto final que es el vehículo, seguimos generando una huella de carbono por el combustible fósil que se necesita para transportarse. Existen actualmente organismos certificados para realizar una medición de los gases de efecto invernadero que se emite dependiendo el producto o empresa. En Ecuador para realizar la medición de estos gases en los vehículos es en la Revisión Técnica vehicular (RTV) quienes se dedican cada año a verificar los gases contaminantes con un equipo especializado.

En la figura 4 se puede observar los resultados obtenidos de un estudio de la Huella de Carbono

de Quito en el 2011 que se logra percibir una división por categorías de estudio que son; Sector residencial, Industrial, Comercial, Transporte y residuos sólidos. En el Distrito Metropolitano de Quito según el estudio generado por el Diagnóstico Estratégico – Eje ambiental afirma que las emisiones totales fueron de 5.164.496 ton CO₂e, causada en 89% por las emisiones de Alcance 1 generada por consumo de gasolina y diésel en el sector de transporte. Petroecuador en el caso de los combustibles y la Empresa Eléctrica de Quito, son determinantes en el consumo de combustibles fósiles, en conjunto generaron 3.927.372 ton CO₂e que representa el 76% de la huella total. [12]

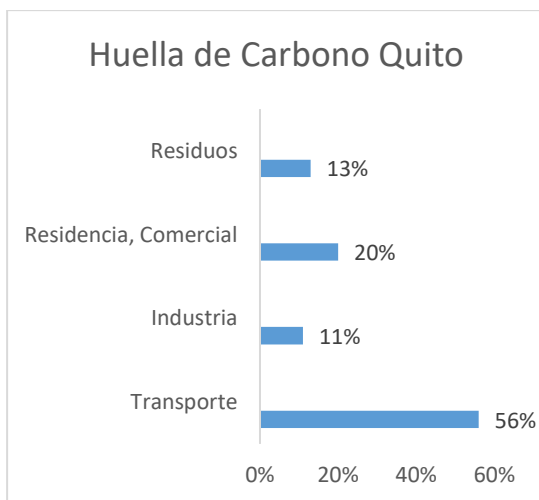


Figura 4: Huella de carbono por sectores en Quito 2011

Fuente: Eje Ambiental [12]

2.5 Cambio climático

Se le conoce a cambio climático a una variación de patrones meteorológicos en un periodo de tiempo prolongado, el cual puede variar. Existen dos tipos de cambio climático, el natural y el antropogénico o derivado de acciones humanas. Durante la sobrepoblación el mundo en general ha experimentado fenómenos que no se han visto antes, este se calienta y enfría de manera abrupta, dando lugar a glaciares derretidos desembocando en periodos más calurosos. En la revolución Industrial es cuando el ser humano comienza a generar un paso fuerte en el cambio climático, ya que se generan más fabricas que obtienen producción mediante la quema de combustibles fósiles. [13]

La consecuencia del cambio climático en el DMQ influye en muchas actividades económicas de la capital, ya que una de sus principales producciones es la agricultura y al verse afectado de temperatura, a su vez causan alteraciones en los ciclos de cultivo que conlleva a pérdidas de calidad, cosechas y económicas para agricultores. Aumento de temperatura. En la figura 5 se muestra el cambio en la temperatura media global en superficie observada mensualmente. La línea de color gris hasta 2017, calculado a partir de los conjuntos de datos HadCRUT4, GISTEMP, Cowtan-Way y NOAA y calentamiento global antropogénico estimado (línea continua de color naranja hasta 2017; el sombreado naranja indica el rango probable evaluado). La flecha punteada de color naranja y la barra horizontal de error de color naranja indican respectivamente la estimación central y el rango probable del período en el que se alcanzaría un calentamiento global de 1,5 °C si se mantiene el ritmo actual de calentamiento. La estela gris de la derecha en la figura 5 indica el rango probable de las respuestas de calentamiento, calculadas mediante un modelo climático simple, para una trayectoria estilizada (futuro hipotético) en que las emisiones netas de CO₂. [9]

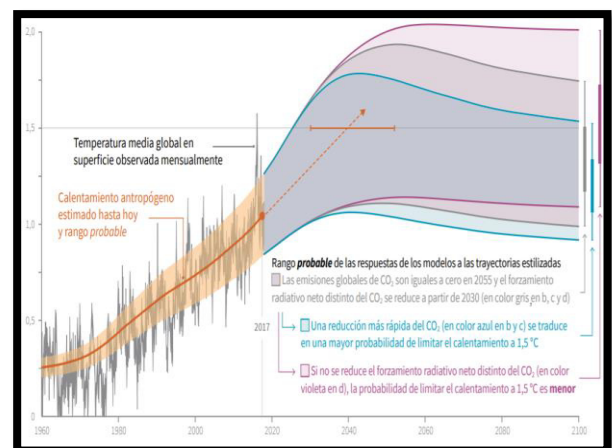


Figura 5: Temperatura global en función del CO₂

Fuente: IPCC [9]

2.6 Efecto de la altitud sobre emisiones contaminantes

La atmosfera se constituye con varios elementos principalmente se conforma por un 78% de nitrógeno, un 21% de oxígeno y 1% de

otros gases como argón, dióxido de carbono, entre otras. Teniendo en cuenta los elementos que conforman el aire, otro factor a considerar es la presión atmosférica que a medida que crece la altura, esta disminuye considerablemente afectando en el sistema respiratorio de las personas y además las maquinas que dependen de una correcta presión atmosférica para su correcto funcionamiento. En Quito en el barrio San Juan, se ubica la iglesia Basílica, que se encuentra una altitud exacta de 2850 msnm según Google Earth [14], altitud en la cual la presión disminuye a 540mmhg o 0.71 atm, una temperatura promedio de 15 C y una humedad del 60% como se puede observar en la tabla 2. Estos factores conllevan a repercusiones en los motores de combustión interna [15]. Quito tiene una geografía muy variada desde valles como el de San Rafael que su altura promedio alcanza 2500m.s.n.m hasta parroquias como San Juan que su altura se establece hasta en los 2900m.s.n.m aproximadamente, por lo que los valores indican que a disminución de la presión atmosférica con la altitud, disminuye la concentración de los gases reaccionantes, lo que ocasiona que la reacción de combustión sea más lenta en comparación con la que se tiene a presión normal, y por lo tanto el flujo de energía es menor. [16]

Tabla 2: Condición atmosférica de Quito

Ciudad	Condición atmosférica			
	Presión atm.	Temperatura	Humedad	Altura
Quito	0.71atm	15 C	60%	2850m

Fuente: Juan C. [15]

Las emisiones con respecto al consumo de combustible se aumentan a medida que el vehículo necesita más esfuerzo para generar movimiento. Al no disponer el aire necesario este pierde potencia y es necesario remodelar la mezcla estequiométrica del motor, llevando a un déficit de prestaciones y disminuyendo la eficiencia del automotor. Al consumir más combustible cuando un vehículo se encuentra en estos parámetros, pues a su vez las emisiones

pueden aumentar significativamente. Según estudios realizados por Josué Barrera en la Universidad Internacional del Ecuador en la medición de emisiones en la prueba estática demuestran que el CO prolifera según la altura en un porcentaje del 66% cada 500(msnm) efecto de la combustión deficiente del carburante, el CO2 tiene un decrecimiento del 2% cada 1500(msnm), el O2 se intensifica en un 40% cada 500(msnm), el HC aumenta en un 50% cada 500(msnm), por lo tanto se concluyó que el incremento de las emisiones contaminantes es notario referente a la ubicación geográfica. [17]

2.7 Gasolina

La gasolina es el producto de combinaciones de hidrocarburos cuya composición posee aditivos que optimizan su uso en los motores. Es uno de los productos provenientes del petróleo más consumidos a nivel mundial, representa un 80% de consumo final de derivados del petróleo. [18]La refinación del petróleo es conocido como gasolina, comprende propiedades de volatilidad, inflamabilidad, ebullición, densidad, contenido de azufre, entre otras. En Ecuador se comercializa tres tipos de gasolina; Ecopaís, Extra y Super, dando énfasis en que la primera solo se comercializa en ciertas provincias de la zona costera del Ecuador.

Para poder comercializar la gasolina como tal deben cumplirse ciertos parámetros, dependiendo el país. Una de las características principales que se pueden observar en las especificaciones de los combustibles es el índice de octano (MON, “motor octane number”, RON “Research octane number”), que indican resistencia que presenta el combustible a detonar. El octanaje indica la presión y temperatura a que puede ser sometido un combustible carburado o mezclado con aire antes de detonarse o alcanzar una temperatura de autoignición, debido a las leyes de los gases ideales. [19]

Los metales pesados como el plomo, manganeso, mercurio, cadmio, entre otros. Pueden formar parte del combustible y tienen propiedades dañinas para el medio ambiente y para la salud humana, lo que provoca procesos mutagénicos en las células. El plomo en el aire

dependiendo su concentración en un lugar predeterminado puede llegar a causar problemas en la síntesis de hemoglobina, anemia, problemas de riñón, bazo e hígado, así como también causando daños al sistema nervioso cuando se detectan concentraciones de 60 mg de Pb cada 100 mililitros de sangre. [19]

2.8 Gasolina Extra

Este combustible es tiene composiciones y requisitos normalizados por la INEN 935: 2016, en la cual establece ciertos parámetros que estos deben cumplir. En la siguiente tabla se describen todos los requisitos que el combustible extra debe cumplir en Ecuador.

Tabla 3: Requisitos de la gasolina de 87 octanos (RON)

Requisitos	Unidad	Min.	Max.	Método de ensayo
Número de octano RON	-	87	-	NTE INEN 2102
Destilación: 10%	°C	-	70	ASTM D86
50%	°C	77	121	ASTM D86
90%	°C	-	189	ASTM D86
Punto final	°C	-	220	ASTM D86
Residuo de destilación	%b	-	2	ASTM D86
Relación vapor – líquido a 60 °C	-	-	20	ASTM D5188
Presión de vapor	KPA	-	60	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Contenido de azufre	%c	-	0.065	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos	%b	-	30	ASTM D1319
Contenido de benceno	%b	-	1	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730
Contenido de plomo	Mg/L	-	No detectable	ASTM D3237 ASTM D5059 ASTM D5185
Contenido de manganeso	Mg/L	-	No detectable	ASTM D3831 ASTM D5185
Contenido de hierro	Mg/L	-	No detectable	ASTM D5185

Fuente: INEN 935 [20]

2.9 Biocombustible

Como alternativa para producir combustibles con energía renovable, se implementó la idea de

realizar biocombustibles. El etanol es la base de estos biocombustibles, en definición es un líquido compuesto de carbono, hidrogeno y oxígeno, resultado de una fermentación de azúcar o almidón, extraídos de la caña de azúcar. [21]La materia prima puede tomarse además de la celulosa de los desechos agrícolas, urbanos o forestales conocidos como biomasa. En Ecuador principalmente se obtiene de la cosecha de la caña de azúcar y se considera que no solo puede ser la solución ante la contaminación y las emisiones de gases contaminantes provocadas por los combustibles fósiles al ser fuente de energía renovable, además, como los biocombustibles se producen a partir de productos de cultivo local, generan más puestos de trabajo en el campo y también impactan benéficamente en la economía de un país. [22]

Los biocombustibles pueden sustituir al consumo de los combustibles fósiles tradicionales comercializados, como petróleo o carbón. Brasil es el principal productor de bioetanol con el 45% de producción mundial, Estados Unidos con un 44%, China el 6%, la Unión Europea 3%, India el 1% y los restantes con el 1%. [23] En distintos países se destruyen selvas para plantaciones de materia prima para el bio combustible, sin embargo, la consecuencia es la contraria. La idea principal de la implementación del biocombustible es disminuir el CO₂ emitido por los motores de combustión interna.

Hay que tener en cuenta que esta alternativa de combustible no asegura erradicar los gases de efecto invernadero, ya que la propia combustión de los motores genera emisiones a la atmosfera, sin embargo, esta puede ayudar a disminuir las cantidades de CO₂ emitidas. Una causa más a analizar es el proceso de producción y distribución del biocombustible al consumidor final, ya que la caña de azúcar necesita de menos fertilizantes que un cultivo de maíz, lo que conlleva a una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, aplicando técnicas agrícolas y estrategias de procesamiento adecuados los biocombustibles pueden ofrecer una disminución de emisiones de al menos 50% comparando con combustibles fósiles como petróleo y gasolina. [24]

2.10 Gasolina Eco país (E5)

La Ecopaís está compuesta en un 5% por bioetanol (proveniente de la caña de azúcar) y un 95% de gasolina premezclada. Este cumple con la norma de calidad INEN 935 que establece el octanaje entre 85 y 87, igual que la extra. [23]

La empresa estatal Petroecuador implemento la producción y distribución de la gasolina ecopaís como producto amigable con el medio ambiente, asegura tener múltiples ventajas el uso de este combustible en el país, entre ellas la reducción del CO₂ y la disminución de divisas por importar menor cantidad de Naftas de alto octano (NAO), las cuales se utilizan en la producción de gasolina. Además de ser una alternativa para mejorar la economía del sector agricultor en el país, generando más empleo en la producción de gasolinas.

Este combustible se elabora a base de la mezcla de Naftas de Alto y Bajo Octano con Etanol, para de esta forma alcanzar los requisitos de calidad que establece la Norma INEN 935, la cual regula la calidad de los combustibles. Este combustible cumple con los mismos estándares de calidad de la Gasolina Extra, pero con la ventaja que tiene un componente renovable en su composición que es el Etanol como antes de lo menciono, en la **tabla 4** se puede apreciar todos los componentes de este elemento. Ecopaís se distribuye a nivel nacional en las provincias de Guayas, Santa Elena, Los Ríos, El Oro, Manabí, Esmeraldas, Loja, Zamora Chinchipe y Azuay. En la provincia de Loja se despacha a 22 gasolineras de los cantones de Catamayo, Chaguarpamba, Loja, Olmedo, Paltas, Saraguro y Sozoranga. [25]

Tabla 4 : Propiedades del Etanol

Propiedades	Cantidad
Fórmula	C_2H_6O, CH_3CH_2OH
Peso molecular	46.07 g/mol
Composición	C: 52.24%; H: 13.13%; O: 34.73%
Identificación CAS	64-17-5
Estado de agregación	Líquido
Punto de ebullición	78.3 C
Presión de vapor	59 mm de Hg a 20 C
Temp. De Ignición	363 C
Punto de fusión	-130 C
Densidad	0.79893 a 20 C
Temp. De autoignición	793 C
Punto de congelación	-114.1 C

Fuente: UNAM [26]

2.11 Equilibrio químico de la combustión

En este modelo se explica con el fin de saber cómo se realiza el proceso de combustión, por ejemplo, la cantidad de aire suministrada. Los reactivos y productos de la combustión. Puesto que los desechos de un motor de combustión interna contienen hidrógeno e hidrocarburos principalmente metano, estos componentes pueden ser durante todo el proceso teórico el fluido es considerado aire en condiciones ideales. Después de la combustión se produce una mezcla de gases que en su mayoría son: CO_x, H₂O y NO_x y en una pequeña proporción CO y vapores de hidrocarburos. Adicionalmente las altas presiones y temperaturas que tienen lugar en el motor ocasionan que el fluido se aleje del comportamiento de gas ideal. en las emisiones asociadas al transporte, por ser en general de un orden de magnitud sustancialmente inferior a las emisiones de CO₂. [27]

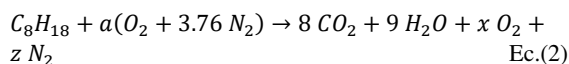
Para el primer equilibrio químico simulando que disponemos del combustible extra cuya composición es el Octano C₈H₁₈ se puede decir que en el proceso de combustión que implica al carburante antes mencionado mezclado con aire, el cual contiene porcentaje de 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno y otros gases que se descartan en la ecuación. En la siguiente **ecuación 1** podemos apreciar que, por cada kmol de oxígeno en el aire, tiene que añadirse en su composición el nitrógeno que se hace

presente en el aire con un valor de 0.79 por el porcentaje antes mencionado y un 0.21 en el caso del oxígeno de igual forma por la cantidad en proporción que contiene el aire de la atmósfera, dando como resultado 4.76 kmol aire, que será tomado en cuenta en el cálculo posterior.

$$1 \text{ Kmol } O_2 + \frac{0.79}{0.21} \text{ Kmol } N_2 = 4.76 \text{ Kmol aire}$$

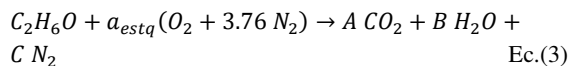
$$1 \text{ Kmol } O_2 + 3.76 \text{ Kmol } N_2 = 4.76 \text{ Kmol aire} \quad \text{Ec.(1)}$$

Una vez teniendo la composición del aire, se puede considerar en el proceso de combustión desarrollado en la **ecuación 2**, que muestra de forma química los reactivos (Combustible Extra teórico y aire) y los productos (lo que genera la combustión). [28]



Donde (a) representa la proporción de aire que reacciona con el octano y (x, z) son los números de moles de los productos.

En la siguiente **ecuación 3** se explica la reacción del etanol que en su composición dispone seis moléculas de carbono, seis de hidrógeno y una de oxígeno. [29]



Para el cálculo estequiométrico en la reacción química de la combustión tenemos que saber el consumo del vehículo en gramos, por lo que se calcula en la **ecuación 4** la masa molecular del octano, los datos de consumo son obtenidos de la ficha técnica y la densidad del octano mediante tablas preestablecidas.

$$\text{Consumo: } \frac{8.2L}{100km}$$

$$\rho_{(\text{octano})} = 703 \text{ g/L}$$

$$m_{\text{Gasolina}} = \frac{8.2L \cdot 703 \frac{g}{L}}{100km} = 57.646 \frac{g}{km} \quad \text{Ec.(4)}$$

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.2 Metodología: Cuantitativo comparativo

El método usado en el presente artículo es el cuantitativo comparativo que es un procedimiento de comparación sistemática de los objetos de estudio aplicado para llegar a generalizaciones empíricas y a comprobación de hipótesis. En el presente estudio se compara las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) generadas de un vehículo mediante los datos de un analizador de gases generados por dos tipos de combustibles con composiciones diferentes. La prueba de emisiones se analiza en pruebas estáticas, sin embargo, se consideran las distintas revoluciones del motor. De esta manera se busca simular una prueba semejante a la que se emplea en la revisión técnica vehicular en la ciudad de Quito, llevando a cabo el cumplimiento de la normativa NTE INEN 2204 previamente descrita en la tabla 1.

3.3 Instrumento de medición

El instrumento de medición para el presente estudio es la máquina “Automotive emisión analyzer QGA-6000” Este analizador está configurado para realizar una medición aplicando el método Non Dispersive Infra-red (NDIR) para analizar CO, HC, y CO₂, y método electroquímico para analizar O₂ y NO_x. [30] En el método de análisis NDIR, se sitúa una fuente de rayos infrarrojos en un extremo del banco de muestra y en el otro se adjunta un sensor para que detecte el componente de un gas y pueda calcular su densidad. Este dispositivo cumple la norma ISO 9001:2000. En la siguiente tabla se puede apreciar las especificaciones dadas por el manual del operador.

Tabla 5: Especificaciones de analizador de gases

	QGA 6000			
Medición	CO, HC, CO ₂ , O ₂ , Lambda, AFR, NO _x (opcional)			
Método de medición	CO, HC, CO ₂ : Método NDIR O ₂ , NO _x : Célula electroquímica			
Rango de medición	CO	0.00~ 9.99 %	HC	0~ 9999 ppm

Resolución		0.01 %		1ppm
Rango de medición	CO2	0.0 ~ 20.0 %	O2	0.00 ~ 25.00 %
Resolución		0.1%		0.01 %
Rango de medición	Lambda	0 ~ 2.000	AF R	0.0 ~ 99.0
Resolución		0.001		0.1
Cantidad de muestra recogida	4 ~ 6 L/min			

Fuente: Manual de operación [30]

3.4 Vehículo: Grand Vitara

Para el vehículo de estudio se tomará en cuenta a la marca Chevrolet, ya que cuenta con 22.9% de participación de ventas en el Ecuador en vehículos livianos, siendo la marca mejor posicionada. La mayoría de las ventas de vehículos se concentran la provincia de Pichincha ya que según el estudio de la AEADE realizada en marzo del 2021, demuestra que el 37.8% de ventas pertenecen a esta zona del país. [31]

El modelo empleado para el estudio es un Grand Vitara 1.6L 2015 como se puede observar en la figura 6 teniendo como características principales las descritas en la **tabla 6**, que muestra la ficha técnica del vehículo de estudio, haciendo énfasis en el motor y consumo.



Figura 6: Grand Vitara 2015

Fuente: Autores

En la **tabla 6**, además de especificaciones del motor, se puede apreciar una tabla de consumo

y emisiones con la particularidad que estos datos han sido obtenidos bajo determinadas condiciones específicas. Por otro lado, estos datos han sido calculados mediante el fabricante según el tipo de transmisión, en este caso manual de 5 marchas.

Tabla 6: Ficha técnica

Motor	
Tipo	G16B (16V SOCH)
Número de cilindros	4
Calibre	75 mm
Carrera	90mm
Cilindrada	1590cm ³
Relación de compresión	9.5:1
Consumo	
Urbano (L/100km)/CO2(g/km)	10,0/250
Extra-Urbano (L/100km)/CO2(g/km)	6,8/166
Combinado (L/100km)/CO2(g/km)	8,0/193

Fuente: Manual del propietario

3.5 Normativa Nacional

La Revisión Técnica de Vehículos (RTV) tiene por objeto primordial garantizar las condiciones mínimas de seguridad de los vehículos basadas en los criterios de diseño y fabricación de estos. Además, permite comprobar que cumplan con la normativa técnica y que mantengan un nivel de emisiones contaminantes que no supere los límites máximos establecidos en la normativa vigente: INEN 2202, INEN 2203, INEN 2204, INEN 2205, INEN 2207, INEN 2349. [32] Para los vehículos propulsados por motores ciclo Otto de 4 tiempos, el método de ensayo debe ser el descrito en la NTE INEN 2203 el cual nos indica que para la prueba estática los valores de Monóxido de carbono y las partículas por millón de Hidrocarburos no combustionados que no deben ser mayor a los empleados en la tabla 1.

Tabla 1: Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí

Año modelo	%CO ^a		Ppm HC ^a	
	0 – 1500 ^b	1500 – 3000 ^b	0 – 1500 ^b	1500 – 3000 ^b
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

Fuente: INEN [4]

Además, en la normativa de la revisión técnica vehicular afirma que los instrumentos deben calibrarse como es requerido por los procedimientos de auditoría interna, por el fabricante del instrumento o en conformidad con la norma ISO 9000. Teniendo en cuenta que el equipo con el cual se realiza la medición cumple las normativas 9001:2000 por lo que se encuentra dentro de los parámetros requeridos.

3.6 Prueba estática

La evaluación se realiza basado en la norma INEN 2203 con ciertas modificaciones para obtener datos con mayor precisión. El protocolo trata en una prueba estática con el motor a temperatura ideal aproximadamente a (90 C) y a distintas revoluciones. Las RPM asignadas para la prueba es en; Ralentí, 2000, 3000 y 4000. Para mayor exactitud se realizó tres diferentes tipos de pruebas en cada revolución previamente dicha.

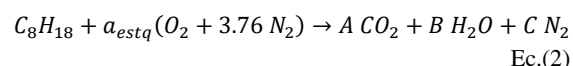
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.2 Análisis teórico

En el siguiente análisis se realizó el cálculo de la cantidad de CO₂ emitido planteándose un problema de inicio, siendo este el siguiente: Calcular la cantidad de CO₂ en gramos de la reacción química de la combustión por cada kilómetro teniendo en cuenta el consumo del vehículo según la ficha técnica. Se debe considerar el tipo de combustible empleado siendo el primero (C₈H₁₈) que corresponde a la composición química del octano (gasolina extra) el segundo un 95% de gasolina extra más

un 5% (C₂H₆O) correspondiendo a la composición del etanol.

A resolución del problema planteado se divide en dos, el primero se realiza únicamente usando gasolina extra, por lo que se plantea la **ecuación 2** y se iguala tomando el principio de la conservación de la masa, lo que significa que la cantidad de los elementos reactivos son igual a los productos:



$$A = 8$$

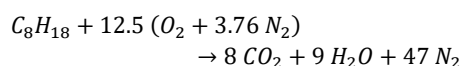
$$B = 9$$

$$a_{estq} \times 2 = A \times 2 + B \quad (\text{se divide para 2})$$

$$a_{estq} = A + \frac{B}{2} = 8 + \frac{9}{2} = 12.5$$

$$a_{estq} \times 3.76 = C = 12.5 \times 3.76 = 47$$

Una vez calculado las incógnitas, se asume que se encuentra en equilibrio o igualada la **ecuación 2** de la siguiente manera:



Teniendo en cuenta lo previamente calculado de masa de combustible en la **ecuación 4** se relaciona la cantidad de combustible con el producto generado por la reacción química obteniendo:

$$\frac{57.646 \text{ gC}_8\text{H}_{18}}{\text{km}} * \frac{1 \text{ molC}_8\text{H}_{18}}{114 \text{ gC}_8\text{H}_{18}} * \frac{8 \text{ moles CO}_2}{1 \text{ molC}_8\text{H}_{18}} * \frac{44 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2}$$

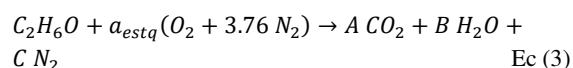
$$\text{Extra} = 177.99 \frac{\text{gCO}_2}{\text{km}}$$

Masas moleculares

$$M_{C_8H_{18}} = (8 * 12 + 18 * 1) = 114 \text{ g}$$

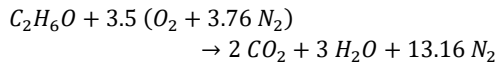
$$M_{CO_2} = (1 * 12 + 2 * 16) = 44 \text{ g}$$

Para la segunda parte del problema empleado se calcula el CO₂ generado por la ecopaís por lo que, se emplea únicamente etanol en la **ecuación 3** para posteriormente realizar una equivalencia del 5% agregado a la gasolina extra que dispone un 95% en su composición.



Al igual que la anterior resolución, se emplea el principio de la conservación de la masa, por lo que:

$$\begin{aligned}
 A &= 2 \\
 B &= 3 \\
 a_{estq} \times 2 &= A \times 2 + B \quad (\text{se divide para } 2) \\
 a_{estq} &= A + \frac{B}{2} = 2 + \frac{3}{2} = 3.5 \\
 a_{estq} \times 3.76 &= C = 3.5 \times 3.76 = 13.16
 \end{aligned}$$



Cálculo del consumo con etanol

$$\frac{8.2L \cdot \frac{789g}{L}}{100 km} = 64.69 \frac{g}{km}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{64.69 g C_2H_6O}{km} \cdot \frac{1 mol C_2H_6O}{46g C_2H_6O} \cdot \frac{2 mol CO_2}{1 mol C_2H_6O} \cdot \frac{44 g CO_2}{1 mol CO_2} \\
 = 123.75 \frac{g CO_2}{km}
 \end{aligned}$$

Masa molecular

$$M_{C_2H_6O} = (2 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 16 \cdot 1) = 46 g$$

$$M_{CO_2} = (1 \cdot 12 + 2 \cdot 16) = 44 g$$

Una vez calculado el CO₂ emitido únicamente con etanol, se puede realizar una equivalencia entre lo calculado con gasolina y etanol para el cálculo de la gasolina ecopaís, tomando en la siguiente ecuación un 95% de gCO₂/km de gasolina extra más 5% gCO₂/km de etanol dando como resultado lo siguiente:

$$\left[\left(123.75 \frac{g CO_2}{km} \cdot 5\% \right) + \left(177.99 \frac{g CO_2}{km} \cdot 95\% \right) \right] \\
 \text{Ecopaís} = 175.27 \frac{g CO_2}{km}$$

En la **ecuación 5** se desarrolla la diferencia de los dos combustibles de estudio en porcentaje el cual se calcula de la siguiente manera:

$$\left(\frac{177.99}{175.27} - 1 \right) \cdot 100 = 1.55\% \quad \text{Ec.(5)}$$

Lo que significa que el biocombustible ecopaís teóricamente emite un 1.55% menos de dióxido de carbono que la gasolina extra.

4.3 Análisis práctico

Los resultados obtenidos teniendo en cuenta el protocolo de prueba a distintas revoluciones, con la temperatura ideal del motor y el equipo analizador de emisiones de gases contaminantes en correcto estado, se logró obtener los datos mostrados en las siguientes tablas, que indican **las revoluciones del motor** (rpm), **P1, P2 y P3**, que corresponden a las tres distintas pruebas realizadas para mayor precisión en los resultados y **promedio** que indica los valores promediados de las tres distintas pruebas en cada revolución.

En la **tabla 7** se pueden observar los resultados emitidos por el analizador de gases empleado a la altura de Quito, con tres distintas pruebas y cuatro diferentes revoluciones, para mayor exactitud en los datos finales, por lo que en esta tabla se empleó únicamente gasolina extra.

Tabla 7: CO₂ emitido por gasolina extra

	%			
RPM	P1	P2	P3	Promedio
Ralentí	15.1	16.5	15.6	15.73
2000	14.8	16.9	14.7	15.47
3000	15.3	17.1	13.9	15.43
4000	15.1	17.4	13.2	15.23

Fuente: Autores

El siguiente gráfico describe las pruebas realizadas y las diferencias que se obtiene en cada una de ellas con el mismo combustible extra. En el eje de la "Y" se puede apreciar los porcentajes de dióxido de carbono medido previamente, por otro lado, en el eje de la "X" se puede observar las revoluciones por minuto en las cuales se realizaron dichas mediciones. En la **figura 7** se pueden observar que se obtuvieron resultados con algunas variaciones tras cada prueba.

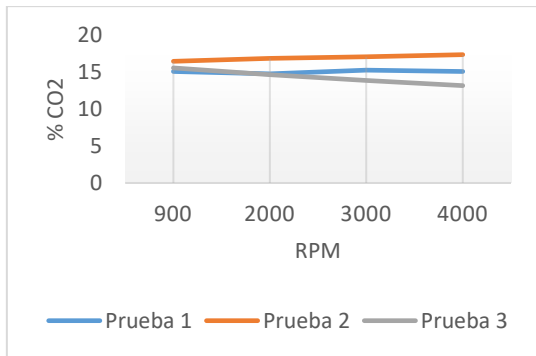


Figura 7: Resultados de CO2 con gasolina extra
Fuente: Autores

En la siguiente tabla se realizó las mediciones únicamente con el combustible ecopaís en Quito a 2850m.s.n.m, dando como resultados los datos expuestos en tres distintas pruebas a cuatro diferentes revoluciones para mayor exactitud.

Tabla 8: CO2 emitido por gasolina ecopaís

	%			
RPM	P1	P2	P3	Promedio
Ralentí	14.9	13.3	12.3	13.5
2000	15.1	13.3	12.3	13.56
3000	15.1	13.3	12.2	13.53
4000	15.1	13.3	12.2	13.53

Fuente: Autores

En la **figura 8** se ilustran los datos de la tabla, de las tres pruebas realizadas, para observar las variaciones que cada una de las pruebas tienen.

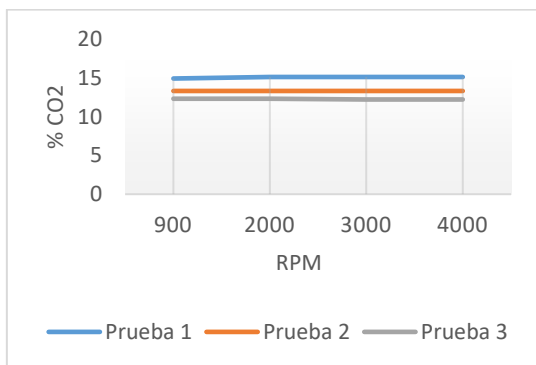


Figura 8: Resultados de CO2 con gasolina ecopaís
Fuente: Autores

4.4 Comparativa de datos prácticos

Para el siguiente gráfico se tomaron los datos promedios de la tabla 7 y 8 de cada prueba a distintas revoluciones, por lo que se sobreponen para visualizar los cambios y diferencias que estos tienen con respecto a el porcentaje de

dióxido de carbono emitidos. Siendo la línea naranja el combustible ecopaís y el azul siendo el combustible extra.

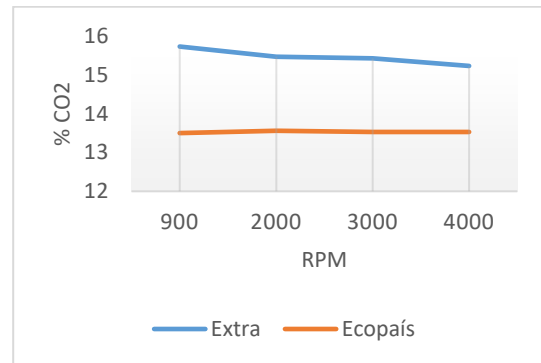


Figura 9: Comparación de CO2 emitidos por gasolina extra vs ecopaís
Fuente: Autores

Esto indica que puede existir una ligera variación de datos, por distintos factores externos como: humedad, altura, presión, aceleración, combustible, limpieza, entre otros. Estos valores influyen al momento de realizar las pruebas, alterando de alguna manera los promedios calculados, por lo que se obtiene un margen de error. Sin embargo, para plasmar valores más aproximados a la realidad se promedian en la **ecuación 6** los valores previamente promediados de los resultados de la **tabla 7** dando como resultado un valor cuantificable de la gasolina extra.

$$\frac{\text{Valores promedio extra}}{4} = \frac{15.73 + 15.47 + 15.43 + 15.23}{4} = 15.46\% \text{ CO2}$$

Ec(6)

En la ecuación 7 se representa los valores promediados de la **tabla 8** en la sección de promedio, que nos arroja como resultado lo siguiente:

$$\frac{\text{Valores promedio ecopaís}}{4} = \frac{13.5 + 13.56 + 13.53 + 13.53}{4} = 13.53\% \text{ CO2 Ec(7)}$$

De esta manera se realiza una diferencia de los resultados en la **ecuación (8)** mismos que fueron extraídos por las dos ecuaciones 6 y 7, por lo que se representa que el biocombustible

ecopaís emite un 1.93% menos que la gasolina extra según datos prácticos:

$$15.46 \%CO_2 - 13.53 \%CO_2 = 1.93\% CO_2$$

5. CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los resultados prácticos obtenidos mediante las mediciones realizadas de dióxido de carbono se puede concluir que la gasolina ecopaís a 2850 metros sobre el nivel del mar emite un promedio del 13.53% de dióxido de carbono a distintas revoluciones, por otro lado, el combustible extra emite un 15.46% de dióxido de carbono medidos en las mismas condiciones, lo que significa que el biocombustible ecopaís emite un 1.93% menos de CO₂ en comparación a la extra de manera práctica.

Se puede concluir que en base al cálculo teórico, que la diferencia de porcentaje de la gasolina extra versus la ecopaís es de 1.55%, lo que nos indica que la ecopaís emite menos de CO₂ generando una huella de carbono menor y por lo tanto siendo más amigable con el medio ambiente. Los cálculos teóricos y los valores prácticos nos indican además que estos tienen un margen de error por factores externos y que pueden variar entre 1.55% hasta 1.93% según los cálculos realizados.

Si se aplicará el combustible ecopaís en la capital del Ecuador, considerado el valor más alto de los últimos 6 años en el sector transporte que genera 3'004.296 toneladas de CO₂ equivalente y el 66% de este valor corresponde a la gasolina, se puede decir que 1'982.835.36 se reduciría hasta en un 1.93% aproximadamente, resultando una disminución de 38268.7 toneladas de CO₂ anualmente.

La normativa 2203, no refleja un control del dióxido de carbono en las emisiones permitidas por los vehículos, por lo que sería factible realizar un control de este gas de efecto invernadero, que en los últimos años ha afectado en el cambio climático de Quito.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. N. Monroy, «Revistas Latinas,» 01 12 2012. [En línea]. Available: http://www.revistalatinacs.org/12SLCS/2012_actas/058_Nunez.pdf. [Último acceso: 01 07 2021].
- [2] Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano Quito, «Secretaría de Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano Quito,» 2021. [En línea]. Available: <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/cambio-climatico/diagnostico#:~:text=La%20Huella%20de%20Carbono%20de,de%20C3%A1rboles%20en%2010%20a%C3%B1os..>
- [3] La Hora, «La hora,» 12 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://lahora.com.ec/quito/noticia/1102311614/un-quiteno-emite-3-toneladas-de-co2-por-ano>. [Último acceso: 2 Mayo 2021].
- [4] INEN, «Servicio Ecuatoriano de normalización,» 01 01 2017. [En línea]. Available: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2204-2.pdf. [Último acceso: 03 05 2021].
- [5] El cotidiano, «El cotidiano,» Septiembre 2009. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/325/32512739009.pdf>. [Último acceso: 03 05 2021].
- [6] FAO, «Cover-S,» 2008. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/3/i0100s/i0100s05.pdf>. [Último acceso: 03 05 2021].
- [7] Biogeochemical cycles, «openstax,» 2021. [En línea]. Available: <https://openstax.org/books/concepts->

- biology/pages/20-2-biogeochemical-cycles. [Último acceso: 23 05 2021].
- [8] G. L. Henry Benavides, «INFORMACIÓN TECNICA SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO,» 12 2007. [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>. [Último acceso: 12 05 2021].
- [9] IPCC, «Calentamiento global IPCC,» 2019. [En línea]. Available: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf. [Último acceso: 26 05 2021].
- [10] Instituto de astrofísica de andalucía, «La concentración de dióxido de carbono también aumenta en la alta atmósfera,» 15 09 2015. [En línea]. Available: [https://www.iaa.csic.es/noticias/concentracion-dioxido-carbono-tambien-aumenta-en-alta-atmosfera#:~:text=Los%20datos%20de%20SABER%20muestran,diez%20kil%C3%B3metros%20\(baja%20atmosfera\)..](https://www.iaa.csic.es/noticias/concentracion-dioxido-carbono-tambien-aumenta-en-alta-atmosfera#:~:text=Los%20datos%20de%20SABER%20muestran,diez%20kil%C3%B3metros%20(baja%20atmosfera)..) [Último acceso: 17 05 2021].
- [11] Parlamento Europeo, «Noticias Parlamento Europeo,» 07 03 2018. [En línea]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20180301STO98928/emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-por-pais-y-sector-infografia>. [Último acceso: 23 05 2021].
- [12] Eje Ambiental, «Municipio del Distrito Metropolitano de Quito,» 2015. [En línea]. Available: http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Sesiones%20del%20Concejo/2015/Sesi%C3%B3n%20Extraordinaria%202015-02-13/PMDOT%202015-2025/Volumen%20I/3.%20Diagn%C3%B3stico%20Ambiental.pdf. [Último acceso: 25 05 2021].
- [13] C. Quintana, «Cálculo de la huella de carbono de vehículos utilitarios mediante el análisis del ciclo de vida,» 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/14678/410501.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 25 05 2021].
- [14] Google Earth, «Google Earth,» Google Earth, 2021. [En línea]. Available: https://earth.google.com/web/search/Bellavista,+Quito/@-0.18529993,-78.47145118,2891.19954551a,2922.06855698d,35y,123.42861737h,44.98206142t,0r/data=Cm4aRBI-CiUweDkxZDU5MDg0OWVjODgwMzk6MHg3YTI1NWVjMDZjM2YwKhVMYSBDYXBpbGxhIGRlbnB1cmUYAiABliYKJAI_JC. [Último acceso: 22 08 2021].
- [15] L. E. T. V. D. Z. Á. A. P. Juan C. Rocha Hoyos, «Estudio de un Motor a Gasolina en Condiciones de Altura con Mezclas de Aditivo Orgánico en el Combustible,» Oct 2018. [En línea]. Available: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642018000500325. [Último acceso: 26 05 2021].
- [16] C. V. Hurtado, «Efectos de la altitud sobre la combustión,» Revistas Bolivianas, 2014. [En línea]. Available: http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2078-55932014000100003&script=sci_arttext. [Último acceso: 22 08 2021].
- [17] E. C. P. G. N. S. J. C. Barrera Echeverría Josué David, «Universidad Internacional del Ecuador,» Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstre>

- am/37000/2794/1/T-UIDE-1987.pdf. [Último acceso: 26 05 2021].
- [18] Ente Vasco de la Energía, «El petróleo y la energía en la economía,» 01 01 2008. [En línea]. Available: https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/estudios_publicaciones_de_p/es_publica/adjuntos/petroleo_y_energia.pdf. [Último acceso: 01 07 2021].
- [19] Quimia.es, «Quimia.es,» 07 06 2008. [En línea]. Available: <https://www.quimica.es/enciclopedia/Gasolina.html#:~:text=La%20gasolina%20se%20obtiene%20del%20petr%C3%B3leo%20en%20una%20refiner%C3%A9a.&text=La%20gasolina%20es%20una%20mezcla,de%20mol%C3%A9culas%20complejas%20arom%C3%A1ticas%20%20naft%C3%A9nicas..> [Último acceso: 27 05 2021].
- [20] INEN, «INEN 935,» 1 02 2016. [En línea]. Available: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_935_enmienda1.pdf. [Último acceso: 27 05 2021].
- [21] L. B. H. M. Fabiola Serna, «Impacto Social y Económico en el Uso de Biocombustibles,» 28 Junio 2011. [En línea]. Available: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/jotmi/v6n1/art09.pdf>. [Último acceso: 27 05 2021].
- [22] Presidencia, «Presidencia,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.presidencia.gob.ec/biocombustible-genero-un-ahorro-al-pais-de-casi-10-millones-en-solo-tres-meses/#>. [Último acceso: 13 05 2021].
- [23] El comercio, «El comercio,» 24 08 2017. [En línea]. Available: [ecuador.html#:~:text=La%20Ecopa%C3%ADs%20est%C3%A1%20compuesta%20en,87%2C%20igual%20que%20la%20otra..](https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/gasolina-ecopais-disponible-estaciones-ecuador.html#:~:text=La%20Ecopa%C3%ADs%20est%C3%A1%20compuesta%20en,87%2C%20igual%20que%20la%20otra..) [Último acceso: 19 05 2021].
- [24] J. H. Marco Hernández, «Elementos: Ciencia y Cultura,» 2008. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/294/29407102.pdf>. [Último acceso: 27 05 2021].
- [25] EP Petroecuador, «EP Petroecuador,» 19 05 2021. [En línea]. Available: <https://www.eppetroecuador.ec/?p=5254>. [Último acceso: 19 05 2021].
- [26] UNAM, «HOJA DE SEGURIDAD XII ETANOL,» 2006. [En línea]. Available: <https://quimica.unam.mx/wp-content/uploads/2016/12/12etanol.pdf>. [Último acceso: 27 05 2021].
- [27] Ministerio para la Transición Ecológica, «GUÍA PARA EL CALCULO DE LA HUELLA DEL CARBONO Y PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE UNA ORGANIZACIÓN,» 2017. [En línea]. Available: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf. [Último acceso: 12 05 2021].
- [28] S. S. V. Polo, «Estudio de combustión de un motor austin 1.3 de encendido provocado durante la inyección de óxido nitroso,» 01 01 2010. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7530>. [Último acceso: 01 07 2021].
- [29] L. G. BECKMANN, «ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL USO DE ETANOL ANHIDRO EN MEZCLAS CON GASOLINA EN QUITO,» 01 01 2013. [En línea].

Available:
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2840/1/T-UCE-0011-25.pdf>.
[Último acceso: 01 07 2021].

[30] AUTOMOTIVE EMISSION ANALYZER QGA -6000, «OPERATING MANUAL,» 2000. [En línea]. Available:
https://ie.tools/wp-content/uploads/2017/05/NGA-6000_MANUAL_ENG.pdf. [Último acceso: 7 06 2021].

[31] AEADE, «ANUARIO DE LA AEADE,» Marzo 2021. [En línea]. Available:

<https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2021/05/Sector-en-Cifras-55-Resumen.pdf>. [Último acceso: 07 Junio 2021].

[32] Agencia Metropolitana de Tránsito, «AMT,» 27 07 2021. [En línea]. Available:
<http://www.amt.gob.ec/index.php/servicios/revision-tecnica/revision-tecnica-vehicular.html>. [Último acceso: 27 07 2021].

7. ANEXOS

7.2 ANEXOS INTRODUCCIÓN

Anexo 1

Actas – IV Congreso Internacional Latina de Comunicación Social – IV CILCS – Universidad de La Laguna, diciembre 2012

Huella de Carbono: más allá de un instrumento de medición. Necesidad de conocer su impacto verdadero

Julia Núñez Monroy - Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Querétaro, México – A01201545@itesm.mx

Biólogo Ramón Alfredo Núñez Palacios – anunezp@gmail.com

Resumen: Los efectos a partir del cambio climático (CC) hacen que sea considerado uno de los principales problemas, sino el más importante de nuestro tiempo, pues afecta en igual medida a todas las regiones y países del mundo. No obedece fronteras ni tratados, regímenes políticos ni sistemas económicos; sin embargo, sí obedece a los residuos y consecuencias de todas las acciones y actividades humanas, sin que importe la raza, religión o cultura.

La Huella de Carbono es una de las principales herramientas en el cálculo y reducción del impacto ambiental producida por el CC, puesto que mide la cantidad total del dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero asociados con un producto, empresa o individuo.

Ante la desinformación y desconocimiento de este indicador, éste trabajo aborda la temática dividida en dos partes, la primera explica y documenta el surgimiento de la huella de carbono, señalando sus antecedentes y las organizaciones actualmente involucradas. La segunda parte presenta dos estudios de caso, que abarcan el trabajo con la huella de carbono a nivel internacional y nacional, caso México.

En los ítems descritos, se reconoce una dificultad para que los agentes involucrados retomen y hagan suya esta problemática, que se considera parte de la complejidad de informar, lo que permite surgir el desconocimiento del tema.

La Secretaría de las Naciones Unidas ha mencionado, que el cambio climático es el mayor desafío que enfrentan los reguladores del medio ambiente porque provoca una crisis progresiva que involucra temas económicos, de salud, de seguridad, de producción de alimentos, entre otros.

Palabras clave: Huella de carbono, indicador, gases de efecto invernadero, Latinoamérica, México, cambio climático, información.

Actas – IV Congreso Internacional Latina de Comunicación Social – IV CILCS – Universidad de La Laguna, diciembre 2012

1. Introducción

El cambio climático podría ser considerado uno de los principales problemas ambientales, sino el más importante de nuestro tiempo, pues afecta en igual medida a todas las regiones y países del mundo. No obedece fronteras ni tratados, regímenes políticos ni sistemas económicos; sin embargo, sí obedece a los residuos y consecuencias de todas las acciones y actividades humanas, sin importar raza, religión o cultura.

Si bien, los gases de efecto invernadero han estado presentes de forma natural y son parte del ciclo del carbono, las actividades humanas han alterado su equilibrio. "Un siglo y medio de industrialización, incluida la deforestación por tala rasa y ciertos métodos agrícolas ha hecho que aumente la cantidad de gases de efecto invernadero que hay en la atmósfera. A medida que crecen las poblaciones y economías y aumentan los niveles de vida, también lo hace el nivel acumulado de emisiones de gases de efecto invernadero." (SEMARNAT 2012).

Diversos han sido los estudios y los esfuerzos de organismos internacionales, nacionales y locales, tanto gubernamentales como no gubernamentales para contribuir con investigación y análisis del fenómeno del cambio climático, sus raíces y sus consecuencias.

A pesar de todos estos esfuerzos colaborativos, y los resultados presentados por las diversas instituciones involucradas, aún es necesario un mayor impulso y difusión a la información y conocimientos generados por los grupos de trabajo de investigadores, para convertirlo primero en conocimiento general de los individuos con el propósito de crear un compromiso real mediante su explicación.

I. Huella de carbono

El término "huella de carbono" fue utilizado mucho antes de que se estableciera una definición única, esto llevó a Thomas Wiedmann y JannMinx a hacer un estudio sobre sus usos y tras una investigación, sugirieron en 2007, un término académico para la "huella de carbono", basado en la definición científica comúnmente aceptada y tomando en cuenta los principios y los métodos de modelización.

"La Huella de Carbono, es una medida de la cantidad total exclusiva de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) que es directa o indirectamente causados por una actividad o es acumulado a lo largo de las etapas de vida de un producto." (Wiedmann, Minx 2011)

El Centro para Sistemas Sustentables de la Universidad de Michigan agrega que estas emisiones están relacionadas no sólo a un producto sino también a un evento, organización o individuo, que se calcula sumando las emisiones resultantes de cada etapa de vida de un producto o existencia de un servicio.

El trabajo documenta esencialmente lo referido a la huella de carbono, como se describe líneas arriba, considerando que también se reconoce a las otras

A. Importancia de la huella de carbono

En reconocimiento a la gravedad del problema que suscita el cambio climático, se creó el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) como el organismo internacional líder para la evaluación del cambio climático. Fue establecido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en 1988 para proveer al mundo una clara visión científica sobre el estado actual de los conocimientos sobre el cambio climático y sus posibles impactos ambientales y socio-económicos. En el mismo año, la Asamblea General de la ONU aprobó la acción por la OMM y el PNUMA en establecer conjuntamente el IPCC.

Como órgano científico, se encarga de revisar y evaluar la información más reciente científica, técnica y socioeconómica relevante generada en el mundo para la comprensión del cambio climático. Cabe aclarar que no lleva a cabo ninguna investigación empírica "ni controla los datos relacionados con el clima u otros parámetros pertinentes," sino que sus evaluaciones de los conocimientos generados sobre el cambio climático, los Informes Especiales y Documentos Técnicos sobre temas que surgen derivados de los análisis locales y globales que se consideran necesarios para surtir de información a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC). Se basan principalmente en la literatura científica y técnica revisada por homólogos y ya publicada, así como en el asesoramiento de científicos e investigadores independientes.

Una de las principales actividades del IPCC es hacer una evaluación periódica mediante su labor sobre las metodologías relativas a los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

El IPCC publicó en 2007, el Cuarto informe de evaluación (AR4) después de que sucedieron, en varios años consecutivos, las temperaturas más altas registradas al momento, así como un número inusual de catástrofes relacionadas con el clima. (UNFCCC, 2012). Dicho informe establece cuatro conclusiones científicas:

1. El calentamiento del sistema climático es inequívoco.
2. El aumento de los gases de efecto invernadero registra un incremento significativo desde 1850, que asociado al proceso de industrialización ocasiona un aumento de la temperatura global del planeta y otros impactos climáticos.
3. El calentamiento global significará un aumento en la temperatura del planeta, con mayor probabilidad, de entre 1.1 a 4.5 grados centígrados –con predicciones más pesimistas que llegan a 6 grados-, y un incremento en el nivel del mar de 28 a 43 centímetros para este siglo, esencialmente por el derretimiento de glaciares, además de que existirán cambios importantes en los patrones de precipitación y en los eventos climáticos extremos.

Anexo 2



Inicio / Cambio Climático / Diagnóstico

CAMBIO CLIMÁTICO
FUNCIÓNES
DIAGNÓSTICO
PROGRAMAS Y PROYECTOS
REDUCCIÓN Y COMPENSACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN EL DMQ
AUMENTO DE LA RESILIENCIA EN EL DMQ
ACCIÓN CIUDADANA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DMQ
QUITO Y REDES INTERNACIONALES
DOCUMENTOS

Diagnóstico



El DMQ ha calculado varios indicadores que plantean un camino hacia la sostenibilidad, el inventario de gases de efecto invernadero, así como la medición de las Huellas de Carbono, Hídrica y Ecológica constituyen los principales instrumentos que guían la gestión ambiental y de cambio climático del Distrito Metropolitano de Quito.

Causas del Cambio Climático - Cuantificación de Emisiones

La huella de carbono es la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto. La determinación de la huella de carbono se realizó mediante la metodología del Global Protocol for Community - GPC (ICLEI - WRI). La Huella de Carbono de Quito es 5.164.946 ton CO₂e, estas emisiones equivalen en magnitud a las emisiones de CO₂ generadas por el uso de energía eléctrica en más de 15 millones de hogares urbanos en Ecuador en un año, o el carbono secuestrado por 125 millones de árboles en 10 años.

Para el año 2032 las emisiones de GEI proyectadas en un escenario BAU ascienden a 11.517.106 ton -CO₂e.

Fuente: Proyecto Huella de Ciudades

HUELLA DE CARBONO DMQ 2011 (5,1 mill Toneladas)



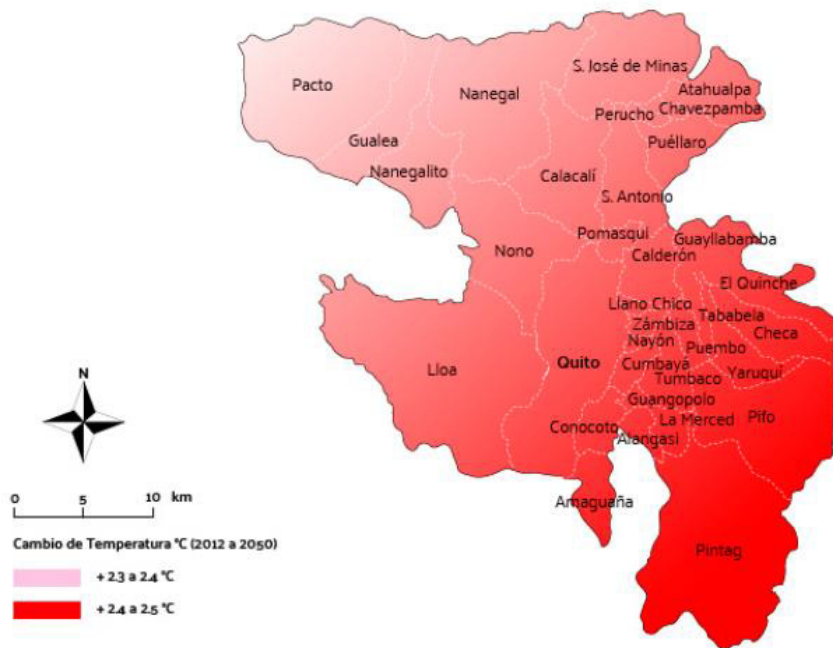
Efectos del Cambio Climático - Vulnerabilidad

Existe un amplio consenso científico que la tierra está experimentando un calentamiento global, producto del aumento de concentración de gases antropogénicos en la atmósfera terrestre. Como consecuencia, el clima del planeta ha comenzado a cambiar.

Para el DMQ las predicciones futuras de precipitación no son concluyentes con respecto a grandes aumentos o disminuciones, la mayor amenaza sería años sucesivos de sequía.

A su vez, varios estudios determinan el incremento de la temperatura para el año 2050 en 2,5°C. El número de días secos consecutivos se está incrementando también de modo ligero en toda la zona de estudio, indicando en conjunción con el análisis recién descrito que días con precipitación están tendiendo a ser menos frecuentes en la zona de estudio, pero que cuando llueve ésta tiende a ser más extrema.

Así mismo, en el Distrito se ha registrado un considerable incremento de inundaciones, movimientos en masa e incendios forestales.



Fuente: Secretaría de Ambiente, 2014.

Anexo 3

INGRESAR | EDICIÓN DEL DÍA | QUITO | La Nacional

La Hora

LO QUE NECESITAS SABER

NOTICIAS | PROVINCIAS | QUITO | OPINIÓN | DEPORTES | SECCIONES

NOTICIAS / NOTICIAS DE QUITO

Un Quiteño emite 3 toneladas de CO2 por año

MAR, 12, 2020 |



HABITO. El manejo de residuos es importante para reducir el índice de huella de carbono en el hogar.

Las actividades diarias de cada persona tienen un gran impacto ambiental y eso se puede medir calculando la huella ambiental que dejan en su entorno y todo lo que se necesita para recuperarlo. En Quito, cada persona emite tres toneladas de dióxido de carbono (CO₂) al ambiente por año.

Factores como el consumo de agua, de luz, de combustible y medios de transporte determinan el "aporte personal" al cambio climático. Por ejemplo, si una familia de 3 personas consume mensualmente \$13 de energía eléctrica y agua potable y gasta un promedio de \$ 60 en gasolina, su huella de carbono es de 1,94 toneladas de CO₂ al año. Para compensar ese daño ambiental, esas personas tendrían que sembrar tres árboles por año, durante una década. También tendrían que ayudar a purificar el agua con la que viven cinco personas durante un año.

Mónica Abril, técnica de Cambio Climático de la Secretaría de Ambiente, asegura que en Quito se calcula de forma periódica el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero. El último informe de ese inventario se realizó en 2015. Ahí se llegó a la conclusión de que la huella de carbono es de 7,6 millones de toneladas de CO₂ equivalentes, de las cuales el 39% corresponde al transporte, 26% a energía estacionaria, 24% a la agricultura y cambio de uso de suelo y 10% a los residuos.

Verónica Arias, exsecretaria de Ambiente, comentó que luego de este informe se llegó a la conclusión de que cada quiteño emite anualmente 3 toneladas de Co₂ y requiere 2 hectáreas de hábitat para vivir cada año. "El estándar internacional menciona que una persona debería tener una hectárea para vivir tranquilamente cada año, nosotros duplicamos esta cifra, y nos estamos comiendo nuestro propio hábitat".

Referencias

Los datos que se destacan en los estudios de huella ambiental de la ciudad se pueden corroborar a diario. El sector del transporte es el que más incidencia tiene. Según datos de la Agencia Metropolitana de Tránsito (AMT), el número de vehículos matriculados en 2019 fue de 465.908, considerado el más alto de los últimos 6 años.

En el caso de la energía estacionaria lo determinan el consumo de las centrales termoeléctricas, también lo determina el consumo de gas licuado de petróleo (GLP), en el caso del sector residencial y finalmente el consumo de combustibles de las industrias y comercios regulados.

El sector transporte genera 3'004.296 toneladas de Co2 equivalente, el 66% de éstas corresponde al consumo de gasolina, mientras que el 33% a diésel.

En el manejo de residuos, la cifra en Quito también es grande, pues según datos de la Empresa Metropolitana de Aseo, a diario se recogen entre 2.200 y 2.300 toneladas de basura.

Lo que se puede cambiar

La activista ambiental Karen Machado menciona que para cambiar esta realidad es necesario compensar la huella de carbono generada por el ser humano, es decir "remover de la atmósfera tanto dióxido de carbono equivalente como el que generamos".

Una forma de hacerlo es apoyando proyectos de energías renovables, tecnologías limpias, reforestación... "Estos proyectos, considerados de desarrollo sostenible, además de tener un impacto favorable en el ambiente mejoran la calidad de vida de la población principalmente rural y que muchas veces es más vulnerable a los efectos del cambio climático".

La ambientalista agrega que se deben cambiar los hábitos diarios y motivar a todos los miembros de la familia a implementar acciones que contribuyan a tener una mejor relación con la naturaleza, por medio de un consumo responsable de recursos. (MLY)



Quito – Ecuador

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 2204

Segunda revisión
2017-01

**GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES.
LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR
FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA**

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. AIR. MOTOR VEHICLES. EMISSIONS PERMITTED LEVELS
PRODUCED BY ROAD MOVABLE SOURCES USING GASOLINE

GESTIÓN AMBIENTAL
AIRE
VEHÍCULOS AUTOMOTORES
LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES
MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) que emplean gasolina.

Esta norma se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas (vehículo automotor, vehículo prototipo).

Esta norma no se aplica a las fuentes móviles que utilizan combustibles diferentes a gasolina.

Esta norma no se aplica a motores de pistón libre, motores fijos, motores náuticos, motores para tracción sobre rieles, motores para aeronaves, motores para tractores agrícolas, vehículos motorizados clásicos, vehículos de competencia deportiva, maquinarias y equipos para uso en construcciones y aplicaciones industriales.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN 2203, *Medición de emisiones de gases de escape en motores de combustión interna*

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan los siguientes términos y definiciones:

3.1

año modelo

Año de producción del modelo de la fuente móvil.

3.2

ciclo

Tiempo necesario para que el vehículo alcance la temperatura normal de operación en condiciones de marcha mínima o ralentí. Para las fuentes móviles equipadas con electroventilador, ciclo es el período que transcurre entre el encendido del ventilador del sistema de enfriamiento y el momento en que el ventilador se detiene.

3.3

ciclos de prueba

Secuencia de operaciones estándar a las que es sometido un vehículo automotor o un motor, para determinar el nivel de emisiones que produce. Para los propósitos de esta norma, los ciclos que se aplican son los siguientes:

3.3.1

ciclo ECE + EUDC

Ciclo de prueba dinámico establecido por la Unión Europea para los vehículos livianos y medianos, que utilizan gasolina.

3.3.2

ciclo FTP-75

Ciclo de prueba dinámico establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), para los vehículos livianos y medianos, que utilizan gasolina.

3.4

dinamómetro

Aparato utilizado para medir la potencia generada por un vehículo automotor o motor solo, a través de aplicaciones de velocidad y torque.

3.5

emisión de escape

Descarga al aire de una o más sustancias en estado sólido, líquido, gaseoso o de alguna combinación de estos, proveniente del sistema de escape de una fuente móvil.

3.6

fuentes móviles

Fuente de emisión que por razón de su uso o propósito es susceptible de desplazarse propulsado por su propia fuente motriz. Para propósitos de esta norma, son fuentes móviles todos los vehículos automotores.

3.7

marcha mínima o ralenti

Especificación de velocidad del motor establecida por el fabricante o ensamblador del vehículo, requerida para mantenerlo funcionando sin carga y en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas). Cuando no se disponga de la especificación del fabricante o ensamblador del vehículo, la condición de marcha mínima o ralenti se establecerá en un máximo de 1100 r.p.m.

3.8

motor

Fuente principal de poder de un vehículo automotor que convierte la energía de un combustible líquido o gaseoso en energía cinética.

3.9

peso bruto vehicular (PBV)

Peso total del vehículo, definido como la suma total del peso en vacío (tara) más la carga técnicamente admisible declarada por el fabricante.

3.10

peso de vehículo en vacío (tara)

Valor nominal del peso del vehículo, según lo indicado por el fabricante, incluyendo todo el equipo estándar que requiere para su funcionamiento normal (por ejemplo, extintor de fuego, herramientas, rueda de emergencia, etc.), además de refrigerante, aceites, el tanque de combustible con su capacidad a la mitad.

3.11

peso de referencia (PR)

Peso del vehículo en marcha aumentado con un peso fijo de 120 kg. El peso del vehículo en marcha será el correspondiente al peso total en vacío con todos los depósitos llenos, salvo el del combustible, que estará solo a la mitad de su capacidad, un juego de herramientas y la rueda de repuesto.

3.12

prueba dinámica

Medición de emisiones que se realiza con el vehículo o motor sobre un dinamómetro, aplicando los ciclos de prueba descritos en esta norma.

3.13

temperatura normal de operación

Temperatura que alcanza el motor después de operar un mínimo de 10 minutos en marcha mínima (ralentí), o cuando en estas mismas condiciones, la temperatura del aceite en el cárter del motor alcance 75 °C o más. En las fuentes móviles equipadas con electroventilador, esta condición es confirmada después de operar un ciclo.

3.14

vehículo automotor

Vehículo de transporte terrestre, de carga o de pasajeros, que se utiliza en la vía pública, propulsado por su propia fuente motriz.

3.15

vehículo prototipo

Vehículo de desarrollo o nuevo, representativo de la producción de un nuevo modelo.

3.16

categoría M

Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.

3.17

categoría N

Vehículos motorizados de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancías.

3.17.1

subcategoría N1

Vehículos motorizados cuyo PBV no exceda de 3500 kg.

NOTA. En lo que respecta a la relación entre el peso de referencia del vehículo y la inercia equivalente que ha de emplearse, conviene conformar las definiciones de los pesos de los vehículos de las clases I, II y III de la categoría N1 con las de la Directiva 96/44/CE.

4. REQUISITOS

4.1 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática)

Toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la Tabla 1.

TABLA 1. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática)

Año modelo	% CO ^a		ppm HC ^a	
	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

^a Volumen
^b Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).

4.2 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclos FTP-75 (prueba dinámica)

Toda fuente móvil que emplea gasolina no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (THC), hidrocarburos diferentes al metano (NMHC), óxidos de nitrógeno (NOx), en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 2.

TABLA 2. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) (ciclos americanos FTP-75, g/mi)

Categoría	50,000 millas/5 años				100,000 millas/10 años ^a			
	CO g/mi	THC g/mi	NMHC g/mi	NOx g/mi	CO g/mi	THC g/mi	NMHC g/mi	NOx g/mi
Vehículos de pasajeros	3,4	0,41	0,25	0,4	4,2	-	0,31	0,6
LLDT, LVW < 3750 lbs	3,4	-	0,25	0,4	4,2	0,80	0,31	0,6
LLDT, LVW > 3750 lbs	4,4	-	0,32	0,7	5,5	0,80	0,40	0,97
HLDT, ALVW < 5750 lbs	4,4	0,32	-	0,7	6,4	0,80	0,46	0,98
HLDT, ALVW > 5750 lbs	5,0	0,39	-	1,1	7,3	0,80	0,56	1,53

^a Vida útil 120,000 millas/11 años para todos los estándares HLDT, THC y LDT.

Abreviaturas:
 PBV Peso bruto vehicular
 LVW Peso del vehículo cargado (tara + 300 lbs)
 ALVW LVW ajustado (promedio numérico de la tara y el PBV)
 LDT Camión ligero
 LLDT Camión liviano ligero (debajo de 6000 lbs PBV)
 HLDT Camión ligero pesado (sobre 6000 lbs PBV)

4.3 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. (prueba dinámica)

Toda fuente móvil con motor de gasolina no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx), y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 3.

TABLA 3. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) (Directiva de la UE 98/69/CE)

Categoría	Clase	Peso de referencia (PR) kg	CO g/km	HC g/km	HC + NOx g/km	NOx	Ciclo de prueba
M ^a	-	Todas	2,3	0,2	-	0,15	ECE + EUDC (también conocido como MVEG-A)
N1 ^b	I	PR ≤ 1 305	2,3	0,2	-	0,15	
	II	1 350 < PR ≤ 1 760	4,17	0,25	-	0,18	
	III	1 760 < PR	5,22	0,29	-	0,21	

Salvo los vehículos cuyo peso máximo sobrepase 2500 kg.
 Y los vehículos de la categoría M que sobrepasen 2500 Kg.

5. MÉTODOS DE ENSAYO

Para la determinación de la concentración de emisiones del tubo de escape en condiciones de marcha mínima o ralentí, seguir el procedimiento descrito en NTE INEN 2203.

Anexo 5



El Cotidiano

ISSN: 0186-1840

cotid@correo.azc.uam.mx

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad

Azacapozalco

México

Salinas Callejas, Edmar; Gasca Quezada, Víctor
Los biocombustibles
El Cotidiano, núm. 157, septiembre-octubre, 2009, pp. 75-82
Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapozalco
Distrito Federal, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=32512739009>

Los biocombustibles

Edmar Salinas Callejas*
Víctor Gasca Quezada**

En el curso de esta primer década del siglo XXI se ha insistido por parte del gobierno norteamericano y de países europeos sobre la necesidad de generar biocombustibles como una fuente de energía alternativa, de tal forma que puedan ir sustituyendo el empleo de los hidrocarburos. En términos prácticos, el gobierno norteamericano se ha propuesto generar 20% de su consumo de energía con biocombustibles, lo que ayudaría a frenar el alza de los precios del petróleo, que a raíz de la guerra de Irak empezaron a subir de manera pronunciada en la medida que los norteamericanos se atascaban en la invasión.

En el curso del año 2008, el tema sobre los biocombustibles retomó un nuevo impulso en virtud del incremento de los precios de los alimentos y los combustibles tradicionales, como una solución para sustituir al petróleo y a su vez disminuir los efectos negativos que tiene éste sobre el medio ambiente. Si bien es cierto que la discusión sobre la producción de este tipo de combustible hoy en día es más fuerte y parecería un tema actual, no es así: tanto la investigación como produc-

ción de biocombustibles ha estado presente desde el siglo XIX.

En el curso de esta primer década del siglo XXI se ha insistido por parte del gobierno norteamericano y de países europeos sobre la necesidad de generar biocombustibles como una fuente de energía alternativa, de tal forma que puedan ir sustituyendo el empleo de los hidrocarburos. En términos prácticos, el gobierno norteamericano se ha propuesto generar 20% de su consumo de energía con biocombustibles, lo que ayudaría a frenar el alza de los precios del petróleo, que a raíz de la guerra de Irak empezaron a subir de manera pronunciada en la medida que los norteamericanos se atascaban en la invasión.

Esta estrategia agudizó la discusión en torno a la disyuntiva de producir alimentos o producir bio-

combustibles, pues éstos se pueden obtener de los propios alimentos como el maíz, la caña de azúcar o la soya. En particular la administración del presidente Bush había insistido en darle un uso alternativo al maíz para generar biocombustibles. Brasil, por su parte, entró en un ambicioso plan para producirlos a partir de la caña, e incluso en los encuentros entre las administraciones brasileña y norteamericana se planteó el cultivo de caña de azúcar a gran escala para aprovecharlo como bioenergético.

Simultáneamente, en los foros mundiales se levantaron voces de protesta en virtud de que la rigidez en la oferta de alimentos por su uso alternativo en biocombustibles estaba encareciendo los alimentos y podría conducir a hacer más severa el hambre

* Profesor-Investigador del Área de Investigación de Relaciones Productivas en México, Departamento de Economía, UAM-Azcapotzalco.

** Egresado de la Licenciatura en Economía de la UAM-Azcapotzalco, actualmente ayudante de servicio social.

en regiones de África, América Latina y Asia. No solamente los recursos contra el hambre en el mundo eran insuficientes, ahora también la generación de alimentos lo iba a ser; esto como consecuencia del aumento en la producción de biocombustibles por parte de países desarrollados para así alcanzar sus objetivos en el consumo interno de este tipo de combustible alternativo.

Sin embargo, el tema tiene más aspectos que pueden ser observados, y si bien resultaría no sólo grave sino contraproducente darle un uso alternativo a los alimentos, los biocombustibles pueden ser generados con productos vegetales que no son alimentos, de forma tal que no habría la necesidad de sustituir alimentos por biocombustibles sino de producir más alimentos y biocombustibles a la vez.

Origen de los biocombustibles

La historia de los biocombustibles se inicia a fines del siglo XIX y nace prácticamente con el uso de los hidrocarburos como fuente de energía. La idea de usar aceites vegetales como combustible para motores de combustión interna data de 1895. En ese año el Dr. Rudolf Diesel desarrolló el primer motor diesel, cuyo prototipo ya estaba previsto que funcionara con aceites vegetales, como por ejemplo el aceite de maní, que en las primeras pruebas funcionó bien. Años después Henry Ford hizo el primer diseño de su automóvil modelo T en 1908, esperaba utilizar el etanol como combustible. La Standard Oil empleó a principios de los años veinte, en el área de Baltimore, 25% del etanol en gasolina, pero los elevados precios del maíz –producto del que se obtenía– junto con los altos costos de almacenamiento y las dificultades en el transporte, hicieron abandonar el proyecto; además el petróleo irrumpió en el mercado más barato, más eficiente y más disponible. La primera experiencia del empleo de un biocombustible en el transporte público data de 1938, cuando se utilizó biodiesel en la línea de ómnibus Bruselas-Lovaina en el curso de la Segunda Guerra Mundial. Los alemanes emplearon el biodiesel para mover sus flotas de guerra y los vehículos pesados en el norte de África.

Con la crisis del petróleo que se vivió en la década de los setenta disminuyó la oferta, por lo que se disparó su precio en forma exorbitante así como el precio de la gasolina, que se incrementó 100%. A fines de 1979, a raíz de la crisis de los precios del petróleo, se estableció una mezcla de gasolina y etanol: los biocombustibles se volvían a presentar como una alternativa al alza de los precios del petróleo y al posible agotamiento de los recursos no renovables.

En Brasil la crisis del petróleo también tuvo fuerte repercusión. En este país, en el año de 1975, se desarrolló el proyecto Proalcohol, cuyo objetivo era reemplazar el uso de los hidrocarburos. Finalmente, la guerra de Kuwait elevó más todavía los precios de los hidrocarburos, afianzando la idea de nuevas fuentes de energía alternativa.

Qué son los biocombustibles

Se entiende por biocombustible aquellos combustibles que se obtienen de biomasa. El término biomasa, en el sentido amplio, se refiere a cualquier tipo de materia orgánica que haya tenido su origen inmediato en el proceso biológico de organismos recientemente vivos, como plantas, o sus deshechos metabólicos (el estiércol); el concepto de biomasa comprende productos tanto de origen vegetal como de origen animal. En la actualidad se ha aceptado este término para denominar al grupo de productos energéticos y materias primas de tipo renovable que se origina a partir de la materia prima orgánica formada por vía biológica. Quedan por tanto fuera de este concepto los combustibles fósiles o los productos orgánicos derivados de ellos, aunque también tuvieron su origen biológico en épocas remotas. Hoy en día se pueden diferenciar distintos tipos de biomasa.

Tipo de biomasa	Características
Biomasa primaria	Es la materia orgánica formada directamente de los seres fotosintéticos. Este grupo comprende la biomasa vegetal, incluidos los residuos agrícolas y forestales.
Biomasa secundaria	Es la producida por los seres heterótrofos que utilizan en su nutrición la biomasa primaria. La constituyen la materia fecal o la carne de los animales.
Biomasa terciaria	Es la producida por los seres que se alimentan de biomasa secundaria, por ejemplo los restos y deyecciones de los animales carnívoros que se alimentan de herbívoros.
Biomasa natural	Es la que producen los ecosistemas silvestres; 40% de la biomasa que se produce en la tierra proviene de los océanos.
Biomasa residual	La que se puede extraer de los residuos agrícolas y forestales, y de las actividades humanas.
Cultivos energéticos	Recibe esta denominación cualquier cultivo agrícola cuya finalidad sea suministrar la biomasa para producir biocombustibles.

Los biocombustibles son aquellos biocarburos como alcoholes, éteres, ésteres y otros productos químicos que provienen de compuestos orgánicos de base celulósica (biomasa) extraída de plantas silvestres o de cultivo, que

sustituyen en mayor o en menor parte el uso de la gasolina en el transporte o destinados a producir electricidad.

Los biocomponentes actuales proceden habitualmente del azúcar, trigo, maíz o semillas oleaginosas. El empleo de estos biocombustibles tiene como objetivo principal reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que sobrecalientan la superficie terrestre y aceleran el cambio climático. El uso de la biomasa para consumo energético reduce las emisiones de CO₂ en la atmósfera a diferencia del uso de hidrocarburos, lo que permite disminuir el impacto negativo que se tiene por parte de los combustibles fósiles sobre el cambio climático.

Los biocombustibles de origen biológico pueden sustituir parte del consumo de los combustibles fósiles tradicionales, como el petróleo y el carbón; este tipo de combustible se encuentra casi siempre en forma líquida y se usa para accionar los motores de combustión del transporte terrestre. Los biocombustibles más desarrollados y usados son el bioetanol y el biodiesel; otras alternativas son el biopropanol y el biobutanol, que son hasta ahora menos populares.

De esta forma, los biocombustibles aparecen como una fuente de energía alternativa que puede usarse en el caso de que los precios de los hidrocarburos se eleven demasiado o en un horizonte de largo plazo en que se agoten. Una segunda finalidad en su uso es que contribuyen a frenar el calentamiento global, ayudando a reducir las emisiones de CO₂. Sin embargo los cultivos energéticos de maíz, caña de azúcar, sorgo o soya, implican darle un uso alternativo al alimentario y esto es lo que ha generado una gran polémica.

Obtención de biocombustibles

Tipos de biocombustibles		
Sólidos	Líquidos	Gaseosos
Paja	Alcoholes	Gasógeno
Leña sin procesar	Biohidrocarburos	Biogas
Astillas	Aceites vegetales	Hidrógeno
Briquetas ¹ y pellets ²	Ésteres derivados de aceites vegetales	
Triturados finos	Aceites de pirolisis	
Carbón vegetal		

¹ Las briquetas o bloque sólido es un combustible para la estufa o chimenea, en forma de ladrillo, que sustituye a la leña. El bloque sólido combustible es una alternativa a la leña en variadas aplicaciones (como la quema de ladrillos y cal) que consumen grandes cantidades de madera.

² El término pellet se refiere a pequeñas porciones de aserrín comprimido utilizadas como combustible.

Según la naturaleza de la biomasa, su uso energético y el uso del biocombustible deseado, se puede contar con diferentes métodos para obtener biocombustibles: procesos mecánicos (astillado, trituración y compactación), termoquímicos (combustión, pirolisis³ y gasificación), biotecnológicos (micro bacterianos y enzimáticos) y extractivos para obtener combustibles líquidos, sólidos y gaseosos.

Proceso de obtención de biocombustibles			
	Técnicas	Productos	Aplicaciones
Mecánicos	Astillado	Leñas	Calefacción
	Trituración	Astillas	Electricidad
	Compactación	Briquetas Aserrín	
Termoquímicos	Pirolisis	Carbón	Calefacción
	Gasificación	Aceites Gasógeno	Electricidad Transporte Industria química
Biotecnológicos	Fermentación	Etanol	Transporte
	Digestión anaeróbica	Biogas	Industria química Calefacción Electricidad
Extractivos	Extracción físico-química	Aceites Ésteres Hidrocarburos	Transporte Industria química

Los biocombustibles de primera generación (IG)

El uso de biocombustibles como fuente alterna al uso de hidrocarburos y a la reducción del impacto ambiental es un sentido nuevo, pero su empleo se ha hecho desde mucho tiempo atrás. Por ejemplo, en los países subdesarrollados (sobre todo en zonas rurales) se emplean los rastrojos y la leña. En los países desarrollados se aprovecha la madera para generar electricidad, a diferencia del subdesarrollo, hay una verdadera industria silvícola sustentable que permite renovar los bosques y explotar su madera.

³ La pirolisis es una serie de técnicas de tratamiento térmico de residuos, en las que se someten éstos a altas temperaturas en ausencia de o con poco oxígeno, de modo que no hay combustión directa.

Los biocombustibles líquidos de primera generación son los más socorridos; esto se demuestra porque hoy en día se está produciendo aproximadamente el equivalente a 20 millones de toneladas de petróleo, lo que significa 1% del consumo mundial total. Los biocombustibles líquidos más usados actualmente son:

Los bioalcoholes. Son alcoholes de origen orgánico. Están formados por dos tipos fundamentales: el etanol y el metanol. El etanol presenta mejores expectativas en lo que se refiere a la utilización, al primero se le conoce como bioetanol. El etanol se fabrica siguiendo un proceso similar al de la cerveza. La materia prima es muy variada: cereales (maíz, trigo y cebada), tubérculos (yuca, camote, patata y malanga), celulosa (madera y residuos agrícolas), y sacarosa (remolacha, caña de azúcar, melaza y sorgo dulce). Estos compuestos energéticos se transforman en azúcares, y a continuación se convierten en etanol por medio de la fermentación alcohólica. Se emplea en mezclas con gasolina convencional para sustituirla como carburante en mayores o en menores proporciones; no substituye totalmente a la gasolina, ya que ésta le da a la mezcla estabilidad y resta volatilidad, lo que facilita su uso cotidiano, su almacenamiento y su transporte. Las mezclas pueden ser de E5, E10, E20 y hasta E95, indicando en número el porcentaje de etanol empleado en la mezcla: en la medida que aumenta el contenido de etanol, en la mezcla se reduce el impacto contaminante, especialmente porque libera menos monóxido de carbono. Las mezclas con mayor contenido de etanol requieren modificar el diseño de los automóviles.

Los bioaceites. Se obtienen de las oleaginosas y de aceites vegetales fritos (*aceite de cocina*). Se han hecho pruebas convencionales para echar andar motores con aceites de supermercado, y han sido exitosas. Por ejemplo, en este año alumnos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional Autónoma de Chiapas (UNACH) lograron crear biodiesel a partir de la transformación del aceite vegetal de cocina frito; esto permitiría abaratar los costos de combustible, se duplica la vida útil de los vehículos y como consecuencia se reducen las emisiones de monóxido de carbono, azufre, hidrocarburos aromáticos y partículas sólidas. El aceite vegetal no libera contaminantes como el dióxido de azufre.

El biodiesel. Es un combustible líquido que se obtiene de manera similar, pero en este caso se substituye parte del diesel por diversos aceites vegetales y cultivos oleaginosos

provenientes de la soja, la colza⁴, la palma, la *jatropha*⁵ y el girasol. Aunque estas especies suelen ser las más utilizadas en su producción, se puede obtener a partir de más de 300 especies vegetales, dependiendo de cuál sea la que más abunde en el país de origen.

Las ventajas de los biocombustibles de primera generación (IG)

En la actualidad a nivel mundial, empresas y gobiernos están haciendo una intensa campaña para presentar los biocombustibles y transgénicos como alternativas ambientalmente amigables que ayudarían a combatir el cambio climático al sustituir una parte del consumo del petróleo dedicado a combustibles para transporte, originando una menor contaminación ambiental. En el caso de los biocombustibles, no tiene impacto neto en la cantidad de dióxido de carbono que hay en la atmósfera.

Algunos la consideran energía renovable en la medida en que el ciclo de plantación y cosecha se podría repetir indefinidamente, teniendo en cuenta que no se agoten los suelos ni se contaminen los campos de cultivo. Un ejemplo en que los biocombustibles son benéficos para el medio ambiente es el uso del etanol en automóviles de Brasil. De acuerdo con la Unión Industrial de Caña de Azúcar (UNICA), en su estudio muestra que hasta fines de julio de 2008 deberían de sembrarse más de 120 millones de árboles para neutralizar la contaminación por veinte años; con el uso de etanol, la contaminación a partir de 2003 se ha reducido en 90%.

El uso de biocombustibles se adapta con mayor flexibilidad a la tecnología ya existente; en cambio, si se toma otra fuente alternativa como es el hidrógeno, se requiere una tecnología diferente y llevaría a la necesidad de reemplazar toda la tecnología existente desarrollada por el uso de hidrocarburos. Las mezclas de etanol con gasolina permiten que los motores funcionen mejor (como es el caso de E85), no obstante que la distancia recorrida por litro sea menor.

⁴ La colza (*brassica napus*) es una oleaginosa muy difundida en el mundo, que produce aceite comestible de excelente calidad y de igual forma se transforma en biodiesel.

⁵ La *jatropha* es conocida como "piñón de tempate" o "jatrofa". Es una semilla que contiene un aceite no comestible que se puede utilizar directamente para aprovisionar de combustible a lámparas y motores de combustión, o se puede transformar en biodiesel.

Al empleo de biocombustibles de *primera generación* (IG) se le puede dar una aplicación que genere mayores beneficios a los productores del campo, particularmente a los productores campesinos pobres. Hay algunos organismos internacionales que sostienen que la producción de biocombustibles de *primera generación* (IG) no riñen con la seguridad alimentaria. La pasada administración del gobierno norteamericano insistió en esta situación, sin embargo el tema ha resultado muy polémico y el impacto sí ha sido adverso en términos del encarecimiento de los alimentos a escala mundial. Por otra parte, la producción de biocombustibles requiere del empleo de tecnología para cultivarlos a gran escala, situación que está fuera del alcance de los pequeños productores y campesinos, y quienes pudieran hacerlo tendrían que emplear tierras adicionales para seguir produciendo sus propios alimentos.

Desventajas de los biocombustibles de primera generación (IG)

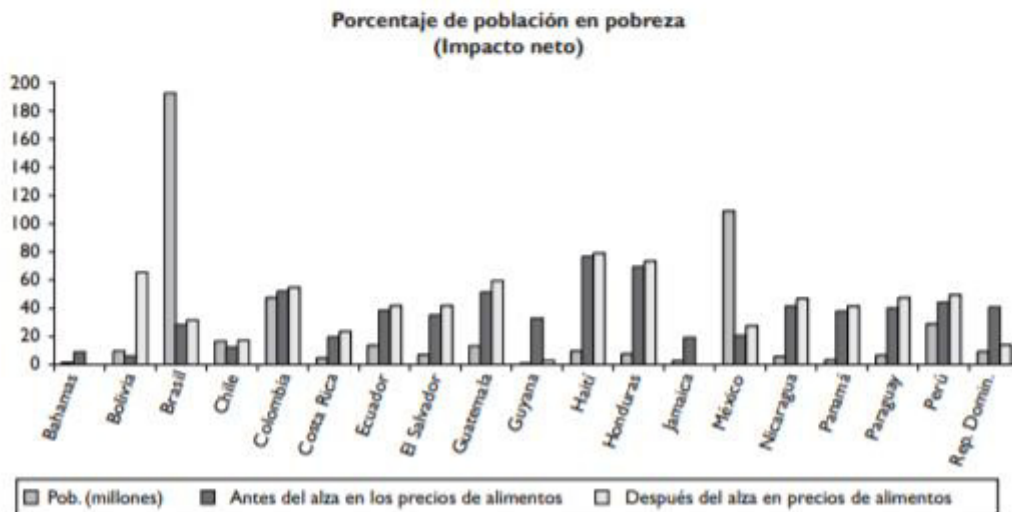
Ambiental

- Crisis alimentaria.

Podemos señalar que una desventaja observada sobre los biocombustibles de primera generación ha sido la llamada

“crisis alimentaria”. El economista Don Mitchell, del Banco Mundial, estimó que el impacto del uso alternativo de alimentos por biocombustibles implicó un incremento de precios de los alimentos en 70%. La administración Bush insistió en emplear el maíz para generar biocombustibles y desestimó su impacto en el precio del cereal calculado en 5%; sin embargo, en otras estimaciones se habla de que el alza del precio del maíz ha sido de 54%. Para llenar el tanque de una camioneta con etanol se requiere el consumo de cereales de una persona al año.

El gran incremento de la producción de biocombustibles en Estados Unidos y la Unión Europea fue apoyado por subsidios, mandatos y tarifas preferenciales de importaciones, razón por la cual hay un acelerado incremento de precios en los alimentos a partir de 2002. Sin estas políticas, la producción de biocombustibles sería menor y los costos de productos de alimentos serían más pequeños. Dado que los biocombustibles se producen a base de alimentos o bien compiten por la tierra que puede ser utilizada para producir alimentos, esta situación impacta el precio de los alimentos al alza de manera directa al restringir la oferta de cereales para la alimentación, o de manera indirecta si los alimentos son insumos de ganado; lo que se impacta es el precio de la carne y de los lácteos.



- Agua

La producción de biocombustibles de *primera generación* (1G) implica un consumo elevado de agua dulce. El crecimiento de la producción de etanol está relacionado directamente con el aumento de la demanda de agua dulce para regar los campos. En el mundo, por cada kilogramo de cereal que se produce, se consume 1 m³ de agua. Se ha estimado que el etanol empleado en un automóvil en un recorrido de 20 000 km. implica un consumo de agua equivalente al de 100 personas en Europa o 500 personas en África; al mismo tiempo el maíz empleado para obtener la cantidad de etanol para el recorrido mencionado, le puede dar de comer a 7 personas durante todo un año.

- Agroquímicos

La producción de biocombustibles es a la vez contaminante en la medida en que en su cultivo se emplean insumos provenientes de hidrocarburos, tanto en la fertilización como en la fumigación y en el uso de la maquinaria agrícola. Esto es tomado en cuenta porque se mira al etanol como un bien acabado, pero no analiza el impacto de su proceso. Las únicas fuentes de energía que pueden etiquetarse como totalmente ecológicas son la eólica y la solar.

- Altos precios

Si no se hubiera dado el aumento en la producción de biocombustibles, las existencias globales de trigo y maíz no habrían declinado; los precios de las semillas de aceites no se habrían triplicado, y las alzas en los costos debido a otros factores como las sequías y tormentas no tendrían las consecuencias negativas en los países pobres en cuanto a la accesibilidad alimentaria.

- Deforestación

El cultivo de biocombustibles ha generado un proceso de deforestación. Se estima que ha provocado 18% de la emisión de gases de efecto invernadero. La FAO responsabiliza a la ganadería de ser el principal responsable de la deforestación en toda Sudamérica. La extensión de superficies destinadas a biocombustibles emplea las mismas áreas de pastizales que bosques. El empleo de la palma para biocombustibles ha depredado en Malasia 20

millones de hectáreas (has), y sigue su avance en África y Sudamérica.

Para satisfacer su consumo energético, Brasil requeriría de 30% de su superficie agrícola, Estados Unidos andaría también en este rango, y Europa requeriría emplear 72% de su superficie agrícola. En México no hay tierras agrícolas disponibles para este uso en forma suficiente, además de la escasez de agua.

- Costos sociales

Los costos sociales también son fuertes. Las áreas son bosques templados y húmedos, praderas y pastizales; buena parte de estas superficies han sido el hábitat de pueblos nativos ligados a su agricultura campesina. No sólo hay un proceso de depredación ecosistémica, sino también el desplazamiento de los aborígenes y su paso del atraso a la indigencia. Por un lado dejan de producir sus bienes de autoconsumo, por otro pierden el uso de las reservas por la explotación empresarial a gran escala, reciben jornales magros y son expuestos a posibles hambrunas ante el encarecimiento o el desabasto de alimentos.

- Costos elevados de producción

La producción de biocombustibles aún cuesta considerablemente más que la de combustibles fósiles, incluso teniendo en cuenta el fuerte incremento en los precios del petróleo. Para la producción, almacenamiento y transporte de biocombustibles se requieren grandes cantidades de insumos (además de la tierra y el agua) cuya producción y transporte también demanda cantidades de energía. Se necesita energía para sembrar, producir fertilizantes o pesticidas, cosechar, transportar y procesar los granos o plantas hasta su forma final de biocombustible. Por ejemplo, la producción de petróleo actualmente cuesta un promedio de 30 centavos por litro. Para producir un litro de etanol con el mismo poder energético se necesitan 37 centavos en Brasil, 45 de Estados Unidos, y 75 en Europa.

Biocombustibles de segunda generación (2G)

Los biocombustibles de segunda generación (2G) se distinguen de los de primera generación en dos aspectos: se obtienen de vegetales que no tienen una función alimentaria, y se producen con innovaciones tecnológicas.

cas que permitirán ser más ecológicos y avanzados que los actuales. Como se obtienen de materias primas no alimentarias, se pueden cultivar en tierras marginales que no se emplean para el cultivo de alimentos. En este sentido, permiten una mayor diversificación con nuevas materias primas, nuevas tecnologías y nuevos productos finales, promoviendo de esta forma el desarrollo agrícola y agroindustrial.

Se ha encontrado que la biomasa proveniente de la celulosa puede ser una materia prima básica en la producción de biocombustibles de segunda generación (B2G). La biomasa de celulosa permite generar el bioetanol celulósico, de manera que se pueden usar los desperdicios de los aserraderos y se puede reorientar y ampliar la silvicultura para diversificar el uso de los bosques y protegerlos de su desmonte para usos agrícolas y ganaderos.

Dentro de los biocombustibles de segunda generación (B2G) la biomasa celulósica (cuya estructura química es difícil de descomponer por lo que requiere desarrollos tecnológicos) tiene como fuentes más prometedoras el álamo y el sauce de corta rotación, el pasto de elefante, el mijo y los residuos celulósicos industriales en la elaboración de muebles y otros productos de consumo industrial y final.

Los biocombustibles de segunda generación (B2G) están ahora en el umbral de la comercialización. En términos técnicos, en biocombustible de biomasa de 2G es fácil de mezclar con otros biocombustibles, ayudando a reducir los niveles de CO₂ a corto plazo. Los altos costos de su manufactura significan que todavía no se pueden producir a gran escala. No obstante, este problema inicial constituye un potencial de desarrollo para ayudar a reducir el CO₂ y disminuir el efecto invernadero de los GEI, y con esto frenar el calentamiento global.

Los biocombustibles de segunda generación (B2G) requieren incentivos comerciales que sean autosostenibles con la generación de impuestos por su producción y comercialización en el largo plazo; se tienen que evitar políticas de subsidios indiscriminados y excesivos. Podemos decir que los biocombustible 2G de mayor futuro son:

El biodiesel, porque hoy en día se está estudiando la viabilidad de producir biodiesel a partir de microalgas marinas como una fórmula para disminuir presión a muchas materias primas y liberar campos de cultivo para dedicarlos a la alimentación.

El bioetanol. Este último es un producto muy homogéneo, con una combustión muy limpia y con gran

aceptación entre los fabricantes de automóviles porque las productividades previstas de bioetanol por hectárea de cultivo, utilizando plantaciones de árboles, son muy elevadas.

Con estos nuevo combustibles se abre la posibilidad de obtención de combustibles más respetuosos con el medio, que no compiten con los cultivos dedicados a la alimentación, que además colaboran doblemente contra el cambio climático y que se producen utilizando recursos propios y, por lo tanto, que reducen nuestra dependencia exterior hacia los combustibles fósiles.

Dado el alza de precios de los alimentos, se están buscando otras materias primas no alimentarias que puedan ser más abundantes, que se cultiven en terrenos no agrícolas o marginales, y sean a la vez menos costosas. De esta manera, la polémica generada por los actuales de sustituir alimento por carburante, quedaría zanjada. Por ello, los biocombustibles 2G aparecen con el objetivo de superar las limitaciones de expansión y los graves conflictos que pueden generar los actuales agrocombustibles. Los B2G son la respuesta de los países de la Unión Europea a las desventajas e impactos adversos de los biocombustibles de primera generación (B1G)⁶, que en un principio fueron promovidos también por los países europeos.

Ventajas de los biocombustibles de 2G

Las ventajas de los biocombustibles de segunda generación (B2G) son varias, he aquí las más importantes:

- (1) Al disponer de una mayor variedad de materias primas y no ser comestibles, no compiten con la función alimentaria, de manera que no son alternativos a los alimentos, aunque puede que la generen con la industria que utiliza fibras vegetales o madera.
- (2) Pueden plantarse en áreas no agrícolas ni ganaderas, particularmente pueden diversificar el uso de los bosques e incentivar la silvicultura y frenar la deforestación. En algunos casos podrán servir para recuperar terrenos erosionados en laderas o zonas desertificadas y fijar CO₂ a través de su sistema de raíces.

⁶ Los actuales biocombustibles de segunda generación (B2G) presentan diversos problemas como es su sustitución de uso alimentario, alza del precio de los alimentos, alto consumo de agua y agroquímicos, deforestación y uso de tierras de pastizales, lo que implica desertificación.



- (3) El agua que consumen la generan los propios bosques por su función ecosistémica con la generación de lluvias.
- (4) No requieren del uso masivo de agroquímicos (fertilizantes, pesticidas, agua, terrenos, etc.) El ratio neto de energía producida mejorará respecto a los actuales, como es el caso de los 1G.
- (5) Pueden utilizar la biomasa procedente de la basura de desechos industriales o de consumo humano.
- (6) Incentivan el desarrollo tecnológico con efectos de diversificación en el sector agroindustrial.
- (7) Son altamente eficientes para reducir las emisiones de GEI, particularmente de CO y CO₂ del corto al mediano plazo.
- (8) A largo plazo pueden abaratar los costos de producción respecto a los actuales biocarburantes.
- (9) Algunas especies tienen mejores resultados en climas templados que en tropicales, por lo que pueden desarrollarse en Europa o EU.

82 • La crisis energética

Seguir utilizando el motor de combustión es un error. En la práctica sólo un 5% de la energía contenida en el combustible se transforma en movimiento. En cambio, por ejemplo, el motor eléctrico es mucho más eficiente y ecológico: transforma un 70-90% de la energía eléctrica en trabajo mecánico, no genera contaminación en su punto de utilización, y la electricidad puede ser generada en el mismo vehículo (como los actuales coches híbridos) o a través de la red eléctrica generada por tecnologías renovables.

Desventajas de los biocombustibles 2G

- (1) Una de las desventajas a las que se enfrentan los combustibles de segunda generación son los elevados costos a los que se enfrentan debido a que están ahora en el umbral de comercialización por su costo relativamente alto de la manufactura; significa que los biocombustibles de segunda generación no se pueden todavía producir económicamente a gran escala. Los costos de producción sólo para el proceso de la celulosa y del etanol son hoy más altos que los precios de la gasolina a base de aceite mineral y bioetanol convencional.
- (2) Otras desventajas de estos nuevos carburantes son la posible propagación de especies modificadas genéticamente con impactos desconocidos, y la pérdida de hábitats naturales (biodiversidad) debido a monocultivos.

Conclusión

Los biocombustibles de 1G presentan mayores desventajas en relación a los biocombustibles de 2G; sin embargo, para los países en vías de desarrollo los biocombustibles de 2G representan un mayor reto, que es generar las tecnologías adecuadas para explotarlos racionalmente. Por lo pronto son los países desarrollados los que están impulsando en forma más consistente la producción de biocombustibles 2G.

Para los países en vías de desarrollo resultaría más rentable producir biocombustibles de 1G, pero en la medida en que no tienen resuelto ni el problema alimentario ni el nivel de empleo suficiente, y con la globalización, la desintegración de la comunidad campesina y la migración, han hecho perder la autosuficiencia alimentaria. Es riesgoso socialmente sustituir alimentos por biocombustibles.

5. Efectos de los biocombustibles en el medio ambiente

A pesar de que la producción de biocombustibles sigue siendo reducida en el contexto de la demanda total de energía, sí resulta significativa en lo que respecta a los niveles actuales de producción agrícola. Deben reconocerse las posibles implicaciones medioambientales y sociales de su continuo crecimiento. La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero es, por ejemplo, uno de los objetivos explícitos de algunas medidas reglamentarias de apoyo a la producción de biocombustibles. La producción agrícola provoca en general ciertos efectos negativos inesperados en la tierra, el agua y la biodiversidad que resultan especialmente preocupantes en relación con los biocombustibles. La magnitud de estos efectos depende de la manera en que se producen y se procesan las materias primas para biocombustibles, de la escala de la producción y, especialmente, del modo en que influyen en el cambio del uso de la tierra la intensificación y el comercio internacional. En este capítulo se examinan las repercusiones de los biocombustibles sobre el medio ambiente; las repercusiones sociales se considerarán en el capítulo siguiente.

¿Ayudarán los biocombustibles a mitigar el cambio climático?¹⁰

Hasta hace poco tiempo, muchas autoridades legisladoras asumían que la sustitución de los combustibles fósiles por combustibles obtenidos a partir de biomasa tendría unos efectos importantes y positivos sobre el cambio climático mediante la generación de unos niveles menores de gases de efecto invernadero, contribuidores al calentamiento global. Los biocultivos pueden reducir o compensar las emisiones de gases de efecto

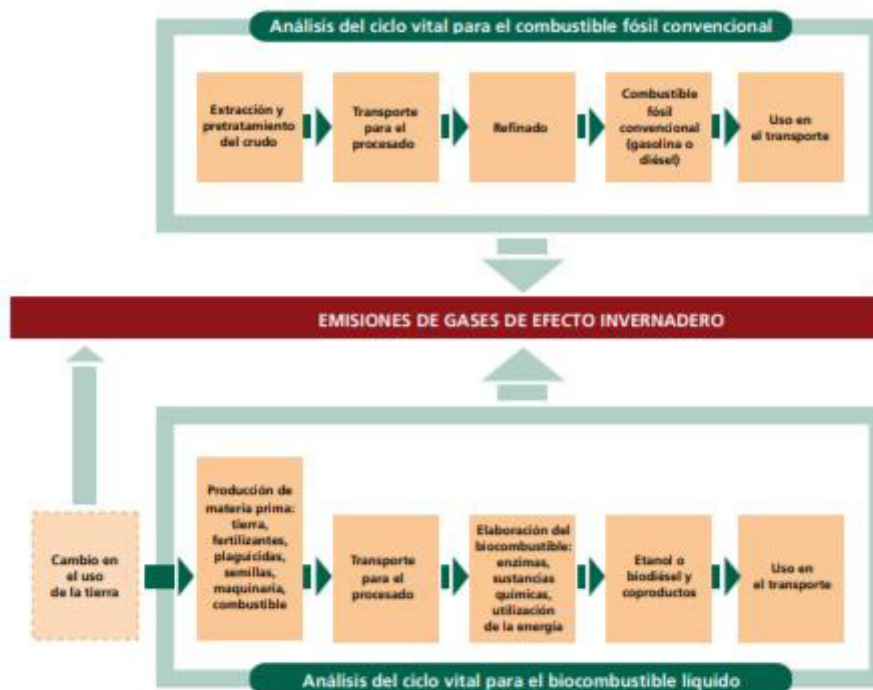
invernadero a través de la eliminación directa del dióxido de carbono del aire a medida que crecen y lo almacenan en la biomasa y el suelo. Además de los biocombustibles, muchos de estos cultivos generan productos complementarios como proteínas para la alimentación animal, y ahorran así la energía que se emplearía para elaborar piensos de otra manera.

A pesar de estos posibles beneficios, los estudios científicos han mostrado que las compensaciones de gases de efecto invernadero varían en gran medida de acuerdo con cada biocombustible en comparación con el petróleo. En función de los métodos empleados para producir la materia prima y elaborar el combustible, algunos cultivos pueden generar aún más gases de efecto invernadero que los combustibles fósiles. El óxido nitroso, por ejemplo, un gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento global unas 300 veces mayor que el dióxido de carbono, es liberado por fertilizantes nitrogenados. La emisión de gases de efecto invernadero tiene lugar también en otras fases de la producción de biocultivos y biocombustibles tales como la producción de fertilizantes, plaguicidas y combustible empleados en la agricultura, la elaboración de productos químicos, el transporte, la distribución y hasta el uso final.

Los gases de efecto invernadero también pueden emitirse mediante cambios en el uso de la tierra, directos o indirectos, causados por el aumento de la producción de biocombustibles; por ejemplo, el carbono almacenado en los bosques o en los pastizales se libera del suelo durante la conversión de la tierra para la producción de cultivos. Mientras que el maíz destinado a la producción de etanol puede generar un ahorro de gases de efecto invernadero de unas 1,8 toneladas de dióxido de carbono por hectárea al año y el pasto varilla, un posible cultivo de segunda generación, puede ahorrar unas 8,6 toneladas por hectárea al año, la conversión de pastizales

¹⁰ El análisis realizado en esta sección se basa parcialmente en FAO (2008d).

FIGURA 22
Análisis del ciclo vital para los balances de gases de efecto invernadero



Fuente: FAO.

para producir estos cultivos puede emitir unas 300 toneladas por hectárea y la conversión de tierras forestales puede emitir entre 600 y 1 000 toneladas por hectárea (Fargione *et al.*, 2008; The Royal Society, 2008; Searchinger, 2008).

El análisis del ciclo vital es un instrumento analítico empleado para calcular el balance de los gases de efecto invernadero, a saber, el resultado de la comparación entre todas las emisiones de gases de efecto invernadero en todas las fases de producción y de uso de un biocombustible y todos los gases de efecto invernadero emitidos en la producción y uso de una cantidad equivalente de energía del combustible fósil correspondiente. Este método, muy utilizado aunque complejo, analiza sistemáticamente cada componente de la cadena de valor para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero (Figura 22).

El punto de partida a la hora de calcular el balance de los gases de efecto invernadero es un conjunto bien definido de límites para un sistema de un biocombustible específico que se compara con un sistema de referencia «convencional» adecuado, que es en muchos casos el petróleo. Ciertas materias primas para la producción de biocombustibles también generan productos complementarios, como orujos o piensos para el ganado. Estos productos se consideran emisiones «evitadas» de gases de efecto invernadero y se evalúan comparándolos con productos independientes similares o por asignación (por ejemplo, por contenido energético o por precio de mercado). Los balances de gases de efecto invernadero varían en gran medida en función del cultivo y de la ubicación y dependen de los métodos de producción de materias primas, las tecnologías de

conversión y el uso. Insumos como los fertilizantes nitrogenados y el modo de generación de energía (a partir de carbón o aceite o nuclear) empleados para convertir las materias primas en biocombustibles podrían resultar en múltiples niveles de emisiones de gases de efecto invernadero y variar de una región a otra.

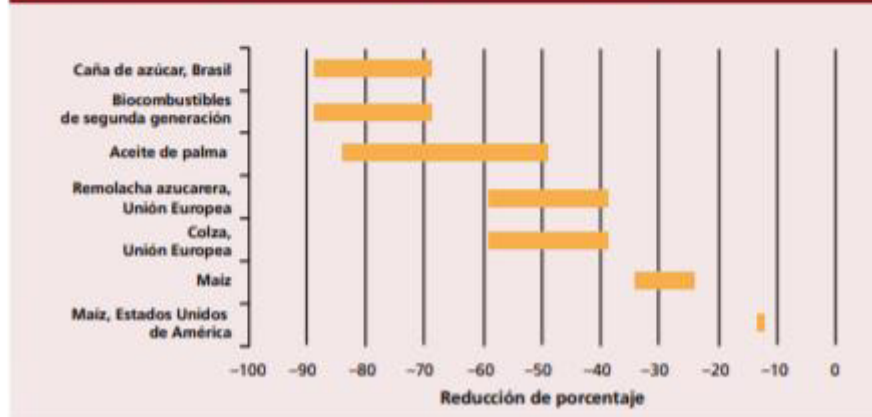
La mayoría de los análisis del ciclo vital de los biocombustibles hasta la fecha se han llevado a cabo en cereales y semillas oleaginosas en la UE y en los Estados Unidos de América y en el etanol obtenido a partir de la caña de azúcar en Brasil. Un número limitado de estudios se han centrado en el aceite vegetal, el biodiésel obtenido a partir de aceite de palma, yuca y ricino de América y el biometano obtenido a partir de biogás. Dada la gran variedad de biocombustibles, materias primas y tecnologías de producción y conversión, sería razonable esperar un número similar de resultados en términos de reducción de emisiones, lo que ocurre efectivamente. La mayoría de los estudios han puesto de manifiesto que la producción de biocombustibles de primera generación a partir de materias primas actuales resulta en una reducción de las emisiones del orden del 20-60 por ciento en comparación con los combustibles fósiles, siempre que se empleen los sistemas más eficientes y que se excluya el carbono originado por el cambio del uso

de la tierra. En la Figura 23 se muestran los niveles estimados de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para diversos cultivos y ubicaciones, excluyendo los efectos del cambio del uso de la tierra. Brasil, un país que cuenta con una extensa experiencia en la producción de etanol a partir de la caña de azúcar, presenta unas reducciones incluso mayores. Aunque los biocombustibles de segunda generación siguen resultando insignificantes a nivel comercial, suelen ofrecer reducciones del orden del 70-90 por ciento en comparación con el diésel fósil y el petróleo, sin contabilizar el carbono emitido debido al cambio del uso de la tierra.

Diversos estudios han mostrado que las diferencias más marcadas en los resultados son debidas a los métodos de asignación elegidos para los productos complementarios, los supuestos sobre las emisiones de óxido nítrico y los cambios de las emisiones del carbono derivados del uso de la tierra. En la actualidad, se emplean diversos métodos para realizar análisis del ciclo vital y, como se indicó anteriormente, algunos de ellos no consideran el complejo tema del cambio del uso de la tierra. Es necesario que los parámetros cuantificados y la calidad de los datos empleados en la evaluación cumplan un conjunto de normas. La Asociación Mundial de la Bioenergía, entre otros, ya está realizando esfuerzos

FIGURA 23

Reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero de determinados biocombustibles en comparación con los combustibles fósiles



Nota: No comprende las repercusiones del cambio en el uso de la tierra.

Fuentes: AIE, 2006, y FAO, 2008d.

RECUADRO 9
La Asociación Mundial de la Bioenergía

La Asociación Mundial de la Bioenergía (GBEP), presentada en el 14º periodo de sesiones de la Comisión de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible en mayo de 2006, es una iniciativa internacional creada para aplicar los compromisos adoptados por los países del G8 + 5¹ en el Plan de Acción de Gleneagles de 2005. La Asociación promueve el diálogo sobre políticas de alto nivel relativas a la bioenergía; apoya el desarrollo de mercados y la formulación de políticas bioenergéticas nacionales y regionales; favorece los usos eficientes y sostenibles de la biomasa; desarrolla actividades de proyectos en el ámbito de la bioenergía; fomenta el intercambio bilateral y multilateral de información, capacidades y tecnología; y facilita la integración de la bioenergía en mercados energéticos mediante la eliminación de barreras específicas en la cadena de producción.

La Asociación está presidida por Italia, y la FAO es Miembro y alberga la Secretaría de la GBEP. La Asociación coopera, entre otros, con la Plataforma de Bioenergía Internacional de la FAO, el Foro Internacional de Biocombustibles, la

Alianza Internacional para la Economía del Hidrógeno, el Programa Mediterráneo de Energías Renovables, la Alianza «Metano a los Mercados», la Red de Políticas de Energía Renovable para el siglo XXI, la Alianza para la Energía Renovable y la Eficiencia Energética, la Iniciativa sobre Biocombustibles de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) y los Acuerdos de Aplicación en materia de Bioenergía y otros trabajos relacionados de la Agencia Internacional de Energía. Además, la Asociación ha constituido un grupo de acción para trabajar en la armonización de metodologías para el análisis del ciclo vital y el desarrollo de una red metodológica para este propósito. Todas estas iniciativas ofrecen métodos importantes para ayudar tanto a países en desarrollo como países desarrollados en la construcción de marcos normativos nacionales para la bioenergía.

¹ El G8 + 5 incluye a los países del G8 (Alemania, Canadá, los Estados Unidos de América, Francia, Italia, Japón, el Reino Unido y la Federación de Rusia), más las cinco economías emergentes principales (Brasil, China, India, México y Sudáfrica).

para crear un método armonizado de evaluación de los balances de gases de efecto invernadero. Igualmente, existe la necesidad de armonizar los métodos de evaluación de los efectos medioambientales y sociales más amplios de los biocultivos para garantizar que los resultados sean transparentes y coherentes en múltiples sistemas.

A la hora de examinar los balances de gases de efecto invernadero, los datos de las emisiones provenientes del cambio del uso de la tierra son cruciales para que los resultados sean completos y exactos. Tales emisiones tienen lugar en las primeras fases del ciclo de producción de biocombustibles y, en función de su magnitud, pueden llegar a requerir muchos años para ser compensadas por los ahorros de emisiones conseguidos en fases subsiguientes de producción y uso. Si se incluyen los cambios de uso de la tierra

en el análisis, las emisiones de gases de invernadero para algunas materias primas y sistemas de producción de biocombustibles podrían ser mayores incluso que las de los combustibles fósiles. Fargione *et al.* (2008) estimaron que la conversión de selvas lluviosas, turberas, sabanas y pastizales para producir etanol y biodiésel en Brasil, Indonesia, Malasia o los Estados Unidos de América libera al menos 17 veces más dióxido de carbono que lo que estos biocombustibles ahorran anualmente al sustituir a los combustibles fósiles. Estos autores consideran que serán necesarios 48 años para compensar esta «deuda de carbono» si la tierra perteneciente al Programa de conservación de reservas se volviera a destinar a la producción de etanol a partir de maíz en los Estados Unidos de América, más de 300 años si la selva lluviosa amazónica se destinara a

RECUADRO 10
Los biocombustibles y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

Aunque no existen acuerdos internacionales que abordan específicamente el ámbito de la bioenergía, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) orienta a los Estados miembros para «tener en cuenta, en la medida de lo posible, las consideraciones relativas al cambio climático en sus políticas y medidas sociales, económicas y ambientales pertinentes y emplear métodos apropiados ... con miras a reducir al mínimo los efectos adversos en la economía, la salud pública y la calidad del medio ambiente, de los proyectos o medidas emprendidos por las Partes para mitigar el cambio climático o adaptarse a él» (CMNUCC, 1992, Artículo 4). El Protocolo de Kyoto, que expira en 2012, proporciona un marco sólido y moderno para promover tecnologías limpias, como por ejemplo las relativas a la energía renovable.

El Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL), como uno de los mecanismos de flexibilidad dentro del Protocolo de Kyoto, fue diseñado para ayudar a las Partes no incluidas en el Anexo 1 a alcanzar

un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo último de la Convención, y apoyar a las Partes incluidas en el Anexo 1 en el cumplimiento de sus compromisos de reducción de emisiones y limitación de las emisiones cuantificadas. Desde el comienzo del MDL en 2005, los proyectos energético-industriales han tenido un carácter predominante entre todos los tipos de proyectos registrados en el MDL, incluyendo los destinados a la bioenergía. Dentro del campo de la bioenergía, hay disponibles diversas metodologías para proyectos que utilizan la biomasa para generar energía, aunque existe únicamente un número limitado de metodologías aceptadas para los biocombustibles. Ya hay disponible una metodología de biocombustibles basada en el aceite usado y se está desarrollando una metodología para la producción de biocombustibles a partir de biomasa cultivada.

Fuente: FAO, basado en la contribución de la Secretaría de la CMNUCC.

la producción de biodiésel a partir de soja, y más de 400 años si las selvas lluviosas y turberas tropicales de Indonesia o Malasia se destinaran a la producción de biodiésel a partir de aceite de palma.

Righelato y Spracklen (2007) realizaron un cálculo aproximado de las emisiones de carbono evitadas por el cultivo de diversas materias primas para la producción de etanol y biodiésel en tierras ya cultivadas (es decir, caña de azúcar, maíz, trigo y azúcar de remolacha para producir etanol y colza y biomasa de la madera para obtener diésel). Constataron que, en cada caso, se captaría más carbono en un periodo de 30 años mediante la conversión de la tierra de cultivo en bosques. Estos autores exponen que si el objetivo de las políticas que apoyan el biodiésel es mitigar el calentamiento global, la eficiencia del combustible y la

conservación y restauración de los bosques son alternativas más eficaces.

Entre las opciones existentes para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que se están debatiendo en la actualidad, los biocombustibles son una alternativa importante pero, en muchos casos, la mejora de la eficiencia y la conservación energéticas, el aumento de la captura de carbono mediante la reforestación, los cambios en las prácticas agrícolas o el empleo de otras formas de energía renovable pueden ser medidas más rentables. En los Estados Unidos de América, por ejemplo, la mejora de la eficiencia media de combustible por vehículo en una milla por galón (1,61 km por 3,79 l) podría reducir las emisiones de gases de efecto invernadero tanto como la producción total de etanol a partir de maíz en este país (Tollefson, 2008). Doornbosch y Steenblik

7.3 ANEXOS MARCO TEÓRICO

Anexo 7

The Carbon Cycle

Carbon is the fourth most abundant element in living organisms. Carbon is present in all organic molecules, and its role in the structure of macromolecules is of primary importance to living organisms. Carbon compounds contain energy, and many of these compounds from plants and algae have remained stored as fossilized carbon, which humans use as fuel. Since the 1800s, the use of fossil fuels has accelerated. As global demand for Earth's limited fossil fuel supplies has risen since the beginning of the Industrial Revolution, the amount of carbon dioxide in our atmosphere has increased as the fuels are burned. This increase in carbon dioxide has been associated with climate change and is a major environmental concern worldwide.

The carbon cycle is most easily studied as two interconnected subcycles: one dealing with rapid carbon exchange among living organisms and the other dealing with the long-term cycling of carbon through geologic processes. The entire carbon cycle is shown in [Figure 20.11](#).

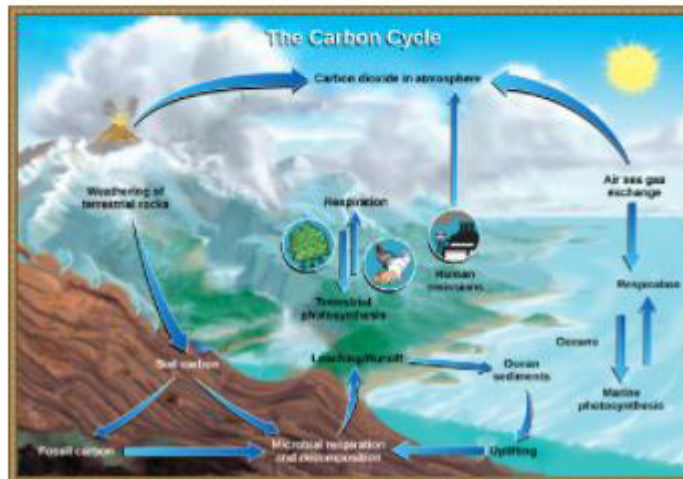


Figure 20.11 Carbon dioxide gas exists in the atmosphere and is dissolved in water. Photosynthesis converts carbon dioxide gas to organic carbon, and respiration cycles the organic carbon back into carbon dioxide gas. Long-term storage of organic carbon occurs when matter from living organisms is buried deep underground and becomes fossilized. Volcanic activity and, more recently, human emissions bring this stored carbon back into the carbon cycle. (credit: modification of work by John M. Evans and Howard Periman, USGS)

The Biological Carbon Cycle

Living organisms are connected in many ways, even between ecosystems. A good example of this connection is the exchange of carbon between heterotrophs and autotrophs within and between ecosystems by way of atmospheric carbon dioxide. Carbon dioxide is the basic building block that autotrophs use to build multi-carbon, high-energy compounds, such as glucose. The energy harnessed from the Sun is used by these organisms to form the covalent bonds that link carbon atoms together. These chemical bonds store this energy for later use in the process of respiration. Most terrestrial autotrophs obtain their carbon dioxide directly from the atmosphere, while marine autotrophs acquire it in the dissolved form (carbonic acid, HCO_3^-). However the carbon dioxide is acquired, a byproduct of fixing carbon in organic compounds is oxygen. Photosynthetic organisms are responsible for maintaining approximately 21 percent of the oxygen content of the atmosphere that we observe today.

The partners in biological carbon exchange are the heterotrophs (especially the primary consumers, largely herbivores). Heterotrophs acquire the high-energy carbon compounds from the autotrophs by consuming them and breaking them down by respiration to obtain cellular energy, such as ATP. The most efficient type of respiration, aerobic respiration, requires oxygen obtained from the atmosphere or dissolved in water. Thus, there is a constant exchange of oxygen and carbon dioxide between the autotrophs (which need the carbon) and the heterotrophs (which need the oxygen). Autotrophs also respire and consume the organic molecules they form: using oxygen and releasing carbon dioxide. They release more oxygen gas as a waste product of photosynthesis than they use for their own respiration; therefore, there is excess available for the respiration of other aerobic organisms. Gas exchange through the atmosphere and water is one way that the carbon cycle connects all living organisms on Earth.

The Biogeochemical Carbon Cycle

The movement of carbon through land, water, and air is complex, and, in many cases, it occurs much more slowly geologically than the movement between living organisms. Carbon is stored for long periods in what are known as carbon reservoirs, which include the atmosphere, bodies of liquid water (mostly oceans), ocean sediment, soil, rocks (including fossil fuels), and Earth's interior.

As stated, the atmosphere is a major reservoir of carbon in the form of carbon dioxide that is essential to the process of photosynthesis. The level of carbon dioxide in the atmosphere is greatly influenced by the reservoir of carbon in the oceans. The exchange of carbon between the atmosphere and water reservoirs influences how much carbon is found in each, and each one affects the other reciprocally. Carbon dioxide (CO_2) from the atmosphere dissolves in water and, unlike oxygen and nitrogen gas, reacts with water molecules to form ionic compounds. Some of these ions combine with calcium ions in the seawater to form calcium carbonate (CaCO_3), a major component of the shells of marine organisms. These organisms eventually form sediments on the ocean floor. Over geologic time, the calcium carbonate forms limestone, which comprises the largest carbon reservoir on Earth.

On land, carbon is stored in soil as organic carbon as a result of the decomposition of living organisms or from weathering of terrestrial rock and minerals. Deeper under the ground, at land and at sea, are fossil fuels, the anaerobically decomposed remains of plants that take millions of years to form. Fossil fuels are considered a non-renewable resource because their use far exceeds their rate of formation. A **non-renewable resource** is either regenerated very slowly or not at all. Another way for carbon to enter the atmosphere is from land (including land beneath the surface of the ocean) by the eruption of volcanoes and other geothermal systems. Carbon sediments from the ocean floor are taken deep within Earth by the process of **subduction**: the movement of one tectonic plate beneath another. Carbon is released as carbon dioxide when a volcano erupts or from volcanic hydrothermal vents.

Carbon dioxide is also added to the atmosphere by the animal husbandry practices of humans. The large number of land animals raised to feed Earth's growing human population results in increased carbon-dioxide levels in the atmosphere caused by their respiration. This is another example of how human activity indirectly affects biogeochemical cycles in a significant way. Although much of the debate about the future effects of increasing atmospheric carbon on climate change focuses on fossil fuels, scientists take natural processes, such as volcanoes, plant growth, soil carbon levels, and respiration, into account as they model and predict the future impact of this increase.

**INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE
GASES DE EFECTO INVERNADERO
Y EL CAMBIO CLIMÁTICO**

Henry Oswaldo Benavides Ballesteros
Gloria Esperanza León Aristizabal

1. CLIMA Y CAMBIO CLIMATICO

El clima no ha sido constante a lo largo de la historia. Los registros históricos y geológicos muestran claramente las variaciones del clima en una amplia gama en la escala temporal. En la escala pequeña, de unos cuantos meses, las variaciones están representadas por sucesiones de periodos secos y lluviosos a lo largo del año. En cuanto a las escalas largas, como de varios siglos, están determinadas por eras glaciares e interglaciares (por ejemplo, la Pequeña Edad de Hielo, correspondiente a un período frío desde comienzos del siglo XIV hasta mediados del XIX, fue seguida por un periodo más cálido y es el que rige en nuestros días).

A finales del siglo veinte y lo que va corrido del veintiuno se ha presentado uno de los periodos más cálidos y la temperatura media de la Tierra ha tenido los valores más altos de los últimos 130.000 años. En el boletín de la OMM del 7 de agosto de 2007, se informó sobre los nuevos record mundiales, siendo enero y abril del 2007 los más cálidos desde 1880, superándose el promedio de enero en 1,89°C y en 1,37°C el de abril. En diciembre de 2007 la OMM señaló que la década 1998-2007 fue la más caliente de acuerdo a los registros históricos con un promedio de 14,42 °C (el promedio del periodo 1961-1990 fue de 14,0°C). Los últimos informes del IPPC (2007), valoran que la tasa lineal de calentamiento promedio de los últimos 50 años es de 0,13°C por década (siendo casi el doble al promedio de los últimos 100 años) y que el año 1998 ha sido el año más cálido con una temperatura media global de 14.54°C.

1.1 EL CLIMA

Antes de abordar el tema del cambio climático, resulta muy importante establecer las diferencias entre *tiempo* y *clima*. El primero se refiere específicamente a la determinación del comportamiento y evolución de los procesos que gobiernan la atmósfera en las horas subsiguientes (12, 24, 48 y 72 horas, generalmente), en tanto que el clima esta más relacionado con el concepto de permanencia y en este sentido se ocupa del análisis de los procesos atmosféricos alrededor de sus valores promedio, los cuales son producto de la evaluación de observaciones de largos periodos de tiempo, generalmente no inferiores a 30 años, conocidos como Normales Climatológicas. También es definido como el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, el cual se caracteriza por los estados y evoluciones del tiempo en un lugar o región determinada o en el planeta entero, durante un período de tiempo relativamente largo.

Aunque básicamente las variables climáticas se relacionan con la atmósfera, los procesos atmosféricos predominantes en un lugar o región están relacionados con la superficie terrestre, incluidas las cortezas continental y oceánica y parte del manto superior (litosfera), los océanos, mares interiores, ríos y aguas subterráneas (hidrosfera) y las zonas terrestres cubiertas por hielo (criósfera). Así mismo existe

una estrecha relación de dichos procesos con la vegetación y otros sistemas vivos tanto del continente como del océano (biosfera y antropósfera).

Debido a que el clima se relaciona generalmente con las condiciones predominantes en la atmósfera, éste se describe a partir de variables atmosféricas como la temperatura y la precipitación, denominados elementos climáticos; sin embargo, se podría identificar también con las variables de otros de los componentes del sistema climático.

A través de la historia, se han presentado fluctuaciones del clima en escalas de tiempo que van desde años (variabilidad climática interanual) a milenios (cambios climáticos globales). Estas variaciones se han originado por cambios en la forma de interacción entre los diferentes componentes del sistema climático y en los factores forzantes.

El clima actual está caracterizado a través de términos estadísticos tales como la media, la frecuencia relativa, la probabilidad de valores extremos del estado de la atmósfera o de los elementos climáticos en una determinada área.

1.2 FACTORES CLIMÁTICOS

El clima de la Tierra depende del equilibrio radiativo que está controlado por factores radiativos forzantes, por factores determinantes y por la interacción entre los diferentes componentes del sistema climático (atmósfera, hidrosfera, litosfera, criósfera, biosfera y antropósfera).

La radiación solar es el combustible que pone en movimiento la máquina atmosférica y junto con la concentración atmosférica de algunos gases variables que ejercen un efecto invernadero (gases traza con actividad radiativa), de las nubes y de los aerosoles, son los factores forzantes del clima de mayor trascendencia. Estos agentes de forzamiento radiativo varían tanto de forma natural como por la actividad humana, produciendo alteraciones en el clima del planeta.

Ahora, los factores determinantes del clima, se refieren a las condiciones físicas y geográficas, que son relativamente constantes en el tiempo y en el espacio y que influyen en el clima en aspectos relacionados con la transferencia de energía y calor. Los de mayor importancia son la latitud, la elevación y la distancia al mar. Otros factores que intervienen en las variaciones del clima son las corrientes marinas, la cobertura vegetal, los glaciares, los grandes lagos, los ríos y la actividad humana.

Debido a las variaciones de la latitud y a las diferencias en la absorción de energía por la superficie terrestre se forman contrastes de temperatura y de presión atmosférica que dan el inicio al movimiento que redistribuye la energía (calor) y la masa (vapor de agua) en la atmósfera del planeta. Es así, como la radiación solar se constituye en el empuje inicial de la circulación general de la atmósfera. Por ello, el

clima de la Tierra sufre cambios cuando varía la cantidad de radiación solar que llega al sistema climático o cuando varían las características de reflexión-absorción-emisión de la superficie terrestre.

1.3 NORMA Y ANOMALÍA CLIMÁTICA

En climatología se utilizan los valores promedios para definir y comparar el clima. La norma climática es una medida utilizada con este propósito y representa el valor promedio de una serie continua de observaciones de una variable climatológica, durante un periodo de por lo menos 30 años. Para fines prácticos, se ha establecido por acuerdos internacionales periodos de 30 años a partir de 1901 (actualmente se utiliza el periodo 1961-1990).

El término anomalía climática es usado para describir la desviación del clima desde el punto de vista estadístico, es decir, la diferencia entre el valor del elemento climático en un periodo de tiempo determinado, por ejemplo un mes, con respecto al valor medio histórico o norma de la variable climática correspondiente, durante el mismo lapso, en un lugar dado.

1.4 FLUCTUACIONES CLIMÁTICAS

El clima varía en las escalas del tiempo y del espacio. Grandes áreas de la Tierra sufren fuertes variaciones como parte normal del clima, especialmente en las zonas áridas y semiáridas, donde la precipitación experimenta cambios significativos. Los extremos climáticos pueden afectar a cualquier región: por ejemplo, severas sequías pueden ocurrir en zonas húmedas e inundaciones ocasionales en regiones secas.

Para fines analíticos, las fluctuaciones pueden ser definidas como cambios en la distribución estadística usual utilizada para describir el estado del clima. La estadística climática comúnmente usada se refiere a los valores medios de una variable en el tiempo. Los valores medios pueden experimentar tendencias, saltos bruscos, aumentos o disminuciones en la variabilidad o, aun, una combinación de tendencias y cambios en la variabilidad (ver Figura 1).

La Variabilidad Climática se refiere a las fluctuaciones observadas en el clima, alrededor de una condición promedio, durante periodos de tiempo relativamente cortos.

La variación observada en el clima durante periodos consecutivos de varias décadas, se llama cambio climático. El cambio climático determina diferencias en los valores medios de un elemento climático a lo largo del tiempo; es decir, que cualquier cambio climático significativo puede dar lugar al establecimiento de un nuevo clima normal y por lo tanto, a un ajuste en las actividades humanas. Procesos externos tales como la variación de la radiación solar, variaciones de los parámetros orbitales de la Tierra

2.2 FORZAMIENTO DEL EFECTO INVERNADERO

Algunos gases emitidos por actividades humanas (denominados Gases de Efecto Invernadero - GEI) como el dióxido de carbono, el óxido nitroso, el metano, algunos halocarbonos (como los CFCs, HCFCs, HFCs y los PFCs), así como el ozono troposférico (el cual se forma a partir de el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno y otros compuestos orgánicos volátiles), son buenos absorbentes de la radiación infrarroja y específicamente los halocarbonos porque muchos de ellos absorben energía en la región de longitudes de onda donde la energía no es absorbida por el dióxido de carbono ni el vapor de agua (región denominada como ventana atmosférica).

Cambios en la concentración atmosférica de los GEI y aerosoles, en la radiación solar y en las propiedades superficiales del suelo afectan la absorción, dispersión y emisión de la radiación dentro de la atmósfera y en la superficie de la tierra. Los resultados positivos o negativos en el balance energético debido a estos factores son expresados como forzamiento radiativo, el cual es usado para comparar la influencia del calentamiento o el enfriamiento sobre el sistema climático.

El forzamiento radiativo es una medida de la influencia que tiene la alteración del balance entre la radiación solar incidente y la radiación infrarroja saliente en el sistema atmósfera – Tierra, denotado por un cambio en la irradiancia neta en la tropopausa y es expresado en vatios por metro cuadrado (W/m^2). Generalmente los valores del forzamiento radiativo son para cambios relativos a las condiciones definidas en 1970. Estas perturbaciones se deben a cambios internos o forzamientos externos del sistema climático, como por ejemplo, cambios en la concentración de un

GEI o en la radiación emitida por el sol. Un forzamiento radiativo positivo tiende a calentar la troposfera (capa de la atmósfera desde la superficie hasta cerca de 16km de altura) y uno negativo tiende a enfriarla. El agotamiento de la capa de ozono debido a su destrucción por el incremento en las emisiones de halocarbonos desde 1970, ha representado un forzamiento radiativo negativo del sistema climático, ya que, el ozono es un GEI. Por otro lado, el incremento de los GEI ha producido un forzamiento positivo. Se estima que el efecto neto promedio a nivel global de las actividades humanas desde 1750 ha sido un calentamiento con un forzamiento radiativo de $1,6 \text{ W/m}^2$.

El forzamiento radiativo de los GEI y el ozono se presenta en la figura 13 y en la tabla 1 y su magnitud está dada por el producto de su concentración y su eficiencia radiativa (energía absorbida por unidad de concentración $\text{W/m}^2 \cdot \text{ppb}$). El CO_2 es el que más ha contribuido al forzamiento radiativo positivo con $1,66 \text{ W/m}^2$, seguido por el CH_4 con $0,48 \text{ W/m}^2$, el ozono troposférico con $0,35 \text{ W/m}^2$, el N_2O con $0,16 \text{ W/m}^2$ y algunos halocarbonos. El forzamiento radiativo del CO_2 se ha incrementado en un 20% durante los últimos 10 años (1995-2005), siendo el cambio más grande observado o inferido para una década en los últimos 200 años.

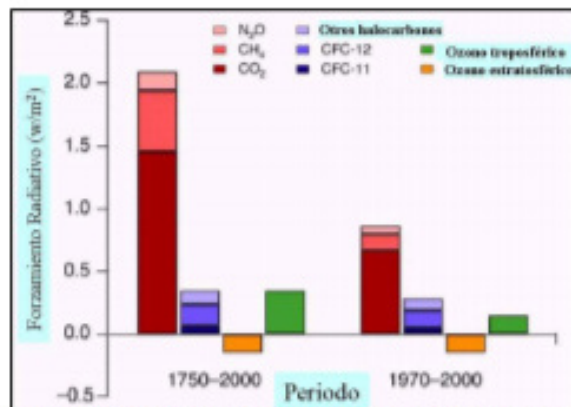


Figura 13. Cambios en el forzamiento radiativo en W/m^2 de varios GEI con concentraciones uniformes y del ozono en dos periodos de tiempo 1750-2000 y 1970-2000. (Fuente: IPCC, 2004).

Otros agentes que contribuyen al forzamiento radiativo son los cambios en los aerosoles troposféricos, cambios en el albedo superficial y en la radiación emitida por el sol. Respecto a este último ítem, se estima que los cambios en la radiación solar desde 1750 han generado un forzamiento radiativo de $0,12 \text{ W/m}^2$.

Los aerosoles de origen antropogénico (principalmente sulfatados, carbón orgánico, carbón negro, nitratos y polvo) producen un forzamiento radiativo directo de $-0,5 \text{ W/m}^2$ y un forzamiento de albedo indirecto de nube de $-0,7 \text{ W/m}^2$. Los aerosoles tienen influencia en el tiempo de vida de las nubes y en la precipitación.

Tabla 1. Contribuciones al forzamiento radiativo positivo de algunos GEI

Gas	Vida media atmosférica (años)	Forzamiento radiativo (W/m^2) 1750-2005	Forzamiento radiativo (W/m^2) 1970-2000	Potencial de Calentamiento a 100 años ²
CO ₂	----- ¹	1,66	0,67	1
Metano	12	0,48	0,13	23
Oxido Nitroso		0,16	0,068	296
CFC-11	45	0,066	0,053	4600
CFC-12	100	0,172	0,137	10600
CFC-113 (CCl ₂ FCClF ₂)	85	0,03	0,023	6000
HCFC-22	12	0,0286	0,026	1700
HCFC-141b	9,3	0,0018	0,0018	700
HCFC-142b	17,9	0,0024	0,0024	2400
HFC-23	270	0,0029	0,0029	12000
HFC-134a	14	0,004	0,004	1300
HFC-152a	1,4	0,0002	0,0002	140
PFC-14	50000	0,0061	0,0061	5820
PFC-116	10000	0,0006	0,0006	12010
PFC-218	2600	0,0001	0,0001	8690
Pentano	0,010	-	-	
Etano	0,214	-	-	

¹ La eliminación del CO₂ de la atmósfera está relacionada a diferentes procesos y su tasa no se pueden expresar con un valor de vida media. (Fuente: IPCC, 2004).

² Valores reportados en el Tercer Reporte de Evaluación del IPCC (2001)

Los cambios en el albedo superficial debido a los cambios en la cobertura del suelo y a la deposición de aerosoles negros de carbón sobre la nieve ejercen forzamientos de $-0,2 W/m^2$ y $+0,1 W/m^2$ respectivamente.

Entre los compuestos halogenados, los CFCs han contribuido al forzamiento radiativo positivo desde el año 1750 con $0,28 W/m^2$, mientras que los HCFCs con $0,033 W/m^2$ y los HFCs con $0,007 W/m^2$. Los incrementos en las concentraciones de los gases halocarbonados entre el año 1970 y el 2000 han contribuido con cerca del 30% del incremento del forzamiento radiativo relacionado a los GEI durante este periodo.

Las moléculas de halocarbonos pueden ser miles de veces más eficientes como absorbentes de energía emitida por la tierra que una molécula de dióxido de carbono y pequeñas cantidades de estos gases pueden contribuir apreciablemente al forzamiento radiativo del sistema climático.

El efecto radiativo del CO₂ y el vapor de agua es calentar el clima superficial y enfriar la estratosfera, mientras que el efecto radiativo de los halocarbonos es calentar la troposfera y la estratosfera debido a su absorción en la ventana atmosférica.

En la tabla 1 se observa para varios gases el potencial de calentamiento global (GWP por sus siglas en inglés: Global Warming Potentials), el cual es un indicador del efecto radiativo de una sustancia sobre un horizonte de tiempo escogido, teniendo como base al dióxido de carbono. El GWP es más alto para las especies que absorben mayor radiación o tienen grandes tiempos de vida media. El horizonte de tiempo escogido generalmente es de 100 años, queriendo representar el futuro impacto de la sustancia en los próximos 100 años.

En la tabla 1 se observa, que de los GEI directos, el que tiene mayor GWP es el óxido nitroso, mientras que entre los compuestos halogenados los gases que tienen mayores GWP son los PFCs, seguidos por los CFCs, los HCFCs y los HFCs (excepto el HFC-23 que tiene un GWP muy alto).

2.3 CAMBIO CLIMÁTICO

De acuerdo a la Convención Marco sobre Cambio Climático (CMCC), el cambio climático se entiende como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente **a la actividad humana** que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables. Por otro lado, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) define el cambio climático como cualquier cambio en el clima con el tiempo, debido a la **variabilidad natural o como resultado de actividades humanas**.

Desde el punto de vista meteorológico, se llama Cambio Climático, a la alteración de las condiciones predominantes. Los procesos externos tales como la variación de la radiación solar, variaciones de los parámetros orbitales de la Tierra (la excentricidad, la inclinación del eje de la tierra con respecto a la eclíptica), los movimientos de la corteza terrestre y la actividad volcánica, son factores que tienen gran importancia en el cambio climático. Procesos internos del sistema climático también pueden producir cambios de suficiente magnitud y variabilidad a través de interacciones entre sus elementos.

El clima de la Tierra depende del equilibrio radiativo de la atmósfera, el cual depende a su vez de la cantidad de la *radiación solar* que ingresa al sistema y de la concentración atmosférica de algunos gases variables que ejercen un *efecto invernadero natural* (gases traza con actividad radiativa, nubes y aerosoles). Estos agentes de *forzamiento radiativo* varían tanto de forma natural como por la actividad humana, produciendo alteraciones en el clima del planeta (ver Figura 14).

Las moléculas de los GEI tienen la capacidad de absorber y reemitir las radiaciones de onda larga (esta es la radiación infrarroja, la cual, es eminentemente térmica) que provienen del sol y la que refleja la superficie de la Tierra hacia el espacio, controlando el flujo de energía natural a través del sistema climático. El clima debe de algún modo

ajustarse a los incrementos en las concentraciones de los GEI, que genera un aumento de la radiación infrarroja que es absorbida por los GEI en la capa inferior de la atmósfera (la troposfera), en orden a mantener el balance energético de la misma. Este ajuste generará un cambio climático que se manifestará en un aumento de la temperatura global (referido como calentamiento global) que generará un aumento en el nivel del mar, cambios en los regímenes de precipitación y en la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos (tales como tormentas, huracanes, fenómenos del Niño y la Niña), y se presentará una variedad de impactos sobre diferentes componentes, tales como la agricultura, los recursos hídricos, los ecosistemas, la salud humana, entre otros.

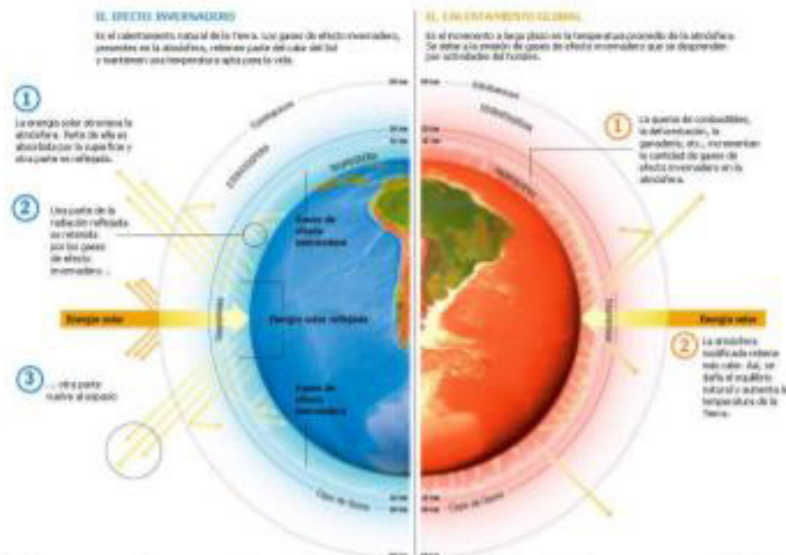


Figura 14. Efecto invernadero natural y su forzamiento, lo que induce al calentamiento global (aumento de la temperatura superficial promedio a nivel global). Fuente: <http://cambioclimaticoycausas.espana.es/>

El cambio climático es, en parte, producto del incremento de las emisiones de GEI. No obstante existe una diferencia entre variabilidad climática (ejm. el fenómeno del Niño) y cambio climático. La variabilidad climática se presenta cuando con cierta frecuencia un fenómeno genera un comportamiento anormal del clima, pero es un fenómeno temporal y transitorio. El cambio climático, por otra parte, denota un proceso que no es temporal y que puede verificarse en el tiempo revisando datos climáticos (ejm. la temperatura).

Un enfoque integrado del cambio climático tiene en cuenta la dinámica del ciclo completo de causas y efectos interrelacionados en todos los sectores afectados. En el siguiente esquema se presenta un marco de evaluación integrado para la consideración de los cambios climáticos antropogénicos según se reporta en el TAR (Tercer Reporte de Evaluación del IPCC). Las flechas amarillas muestran el ciclo de causa a efecto entre los cuatro cuadrantes y la flecha azul indica la respuesta de la sociedad ante los impactos del cambio climático.

La adopción de decisiones sobre el cambio climático es esencialmente un proceso secuencial que se desarrolla en condiciones de incertidumbre general.

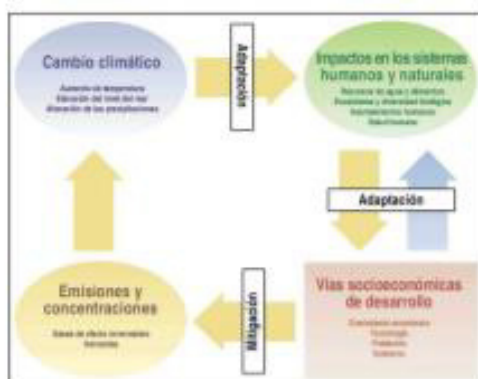


Figura 15. Enfoque integrado del cambio climático. Fuente: IPCC. Tercer Reporte de Evaluación, 2001.

2.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

El calentamiento global se puede entender en forma simplificada como el incremento gradual de la temperatura del planeta como consecuencia del aumento de la emisión de ciertos gases de Efecto Invernadero - GEI) que impiden que los rayos del sol salgan de la tierra, bajo condiciones normales. (Una capa "más gruesa" de gases de efecto invernadero retiene más los rayos infrarrojos y hace elevar la temperatura).

Por otro lado, es un término utilizado habitualmente en dos sentidos: Es el fenómeno observado que muestra en promedio un aumento en la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas. También es una teoría que predice, a partir de proyecciones basadas en simulaciones computacionales, un crecimiento futuro de las temperaturas. La opinión científica mayoritaria sobre el cambio del clima dice que "la mayor parte del calentamiento observado en los últimos 100 años, es atribuible a la actividad humana". Las simulaciones parecen indicar que la principal causa del componente de calor inducido por los humanos se debería al aumento de dióxido de carbono. La temperatura del planeta ha venido elevándose desde finales del siglo XIX, cuando se puso fin a la etapa conocida como la pequeña edad de hielo. Calentamiento global y efecto invernadero no son sinónimos. El efecto invernadero acrecentado por la contaminación, puede ser, según las teorías, la causa del calentamiento global observado.

2.5 CAMBIO GLOBAL

Se puede definir como los cambios generados por los procesos naturales y por la actividad humana que afectan el medio ambiente global en forma directa o a través de la acumulación de alteraciones locales o regionales. Las escalas espacio-

3. GENERALIDADES DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

Los gases de efecto invernadero (GEI) o gases de invernadero son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. Esta propiedad produce el efecto invernadero. En la atmósfera de la Tierra, los principales GEI son el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃). Hay además en la atmósfera una serie de GEI creados íntegramente por el ser humano, como los halocarbonos y otras sustancias con contenido de cloro y bromo, regulados por el Protocolo de Montreal como el hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC). Están clasificados en GEI directos e indirectos.

GEI Directos: Son gases que contribuyen al efecto invernadero tal como son emitidos a la atmósfera. En este grupo se encuentran: el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y los compuestos halogenados.

GEI Indirectos: Son precursores de ozono troposférico, además de contaminantes del aire ambiente de carácter local y en la atmósfera se transforman a gases de efecto invernadero directo. En este grupo se encuentran: los óxidos de nitrógeno, los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano y el monóxido de carbono.

3.1 GEI DIRECTOS

3.1.1 DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

El dióxido de carbono es uno de los gases traza más comunes e importantes en el sistema atmósfera-océano-Tierra, es el más importante GEI asociado a actividades humanas y el segundo gas más importante en el calentamiento global después del vapor de agua. Este gas tiene fuentes antropogénicas y naturales. Dentro del ciclo natural del carbono, el CO₂ juega un rol principal en un gran número de procesos biológicos. En relación a las actividades humanas el CO₂ se emite principalmente, por el consumo de combustibles fósiles (carbón, petróleo y sus derivados y gas natural) y leña para generar energía, por la tala y quema de bosques (según la FAO, el 26% de la superficie terrestre se destina al pastoreo, y la producción de forrajes requiere de cerca de una tercera parte del total de la superficie agrícola. La principal causa de deforestación en América Latina se debe, justamente, a la expansión de tierras para el pastoreo. El 70% de los bosques amazónicos se usan como pastizales) y por algunos procesos industriales como la fabricación del cemento.

En la siguiente figura, se presenta la variación espacial y temporal de la concentración de CO₂ a escala global. Se observa que esta tiene un comportamiento cíclico (monomodal) durante el año (este comportamiento se presenta principalmente en el hemisferio norte, debido a que hay mayor área continental, mientras que, en el hemisferio sur su comportamiento es más suavizado debido a que hay mayor superficie oceánica), presentándose las menores concentraciones hacia la mitad del año (periodo de mayo a agosto) en el hemisferio norte, periodo en el cual, dicha zona se encuentra en la estación de verano, intensificándose el proceso de la fotosíntesis por la vegetación e incrementándose la cantidad de CO₂ absorbido por las plantas. Espacialmente, las mayores concentraciones de CO₂ se presentan en el hemisferio norte, donde se encuentra la totalidad de los países industrializados responsables exclusivos del aumento de la concentración de la mayoría de los gases de GEI que se han ido acumulando en la atmósfera desde la revolución industrial a mediados del siglo XIX.

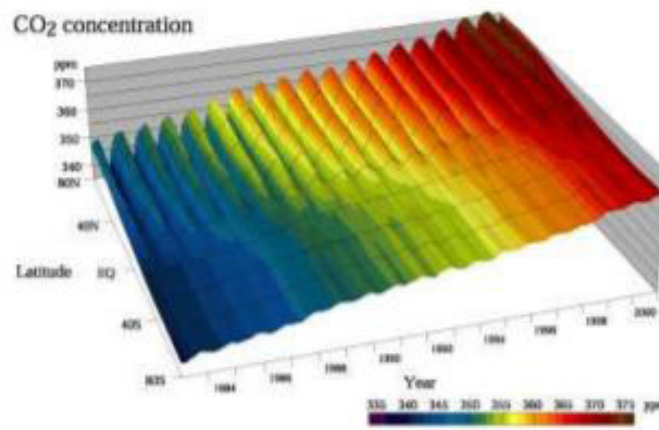


Figura 16. Variación espacio-temporal del CO₂, a escala global
Fuente: <http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg.html>

3.1.2 METANO (CH₄)

El metano es un fuerte GEI y juega un papel importante en la determinación de la capacidad de oxidación de la troposfera. La carga atmosférica de metano a finales de la década de los 90's era de 4800×10^{12} gramos, más de dos veces la cantidad presente durante la era preindustrial. Esta duplicación en la carga atmosférica del metano ha contribuido en aproximadamente un 20% del forzamiento radiativo directo debido a emisiones antropogénicas de GEI directos. El metano es removido de la atmósfera por reacción con radicales hidroxilo (OH) convirtiéndose finalmente en CO₂.

ipcc
GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL cambio climático

Calentamiento global de 1,5 °C

Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza

Resumen para responsables de políticas



GT I GT II GT III

OMM PNUMA

Calentamiento global de 1,5 °C

Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza

Resumen para responsables de políticas

Editado por

Valérie Masson-Delmotte
Copresidenta del Grupo de Trabajo I

Hans-Otto Pörtner
Copresidente del Grupo de Trabajo II

Jim Skea
Copresidente del Grupo de Trabajo III

Panmao Zhai
Copresidente del Grupo de Trabajo I

Debra Roberts
Copresidenta del Grupo de Trabajo II

Priyadarshi R. Shukla
Copresidente del Grupo de Trabajo III

Anna Pirani
Jefa de la Unidad de Apoyo Técnico del GTI

Roz Pidcock
Jefa de comunicaciones

Yang Chen
Funcionario científico

Wilfran Moufouma-Okia
Jefe científico

Sarah Connors
Funcionaria científica

Xiao Zhou
Asistente científica

Clotilde Péan
Jefa de operaciones

J. B. Robin Matthews
Funcionario científico

Melissa I. Gomis
Funcionaria de infografía

Elisabeth Lonnoy
Asistente de proyectos

Tom Maycock
Editor científico

Melinda Tignor
Jefa de la Unidad de Apoyo Técnico del GTII

Tim Waterfield
Funcionario de tecnología de la información

Unidad de Apoyo Técnico del Grupo de Trabajo I

Introducción

El presente informe responde a la invitación formulada al IPCC para que preparara, "... en 2018, un informe especial sobre los efectos que produciría un calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero", que figura en la decisión del 21^{er} periodo de sesiones de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático para aprobar el Acuerdo de París.¹

El IPCC aceptó la invitación en abril de 2016 y decidió preparar un informe especial sobre los impactos que produciría un calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones globales de gases de efecto invernadero, en el contexto del fortalecimiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos para erradicar la pobreza.

En el presente *Resumen para responsables de políticas (RRP)* se presentan las principales conclusiones del informe especial, de acuerdo con la evaluación de la literatura científica, técnica y socioeconómica disponible² que guarda relación con el calentamiento global de 1,5 °C y con miras a comparar el calentamiento global de 1,5 °C y de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales. El nivel de confianza asociado a cada una de las conclusiones principales se expresa mediante el lenguaje calibrado del IPCC.³ La base científica en que se sustentan las conclusiones principales puede consultarse en las partes de los capítulos que aparecen citadas. En el RRP, las lagunas en los conocimientos están relacionadas con los capítulos correspondientes del informe.

A. Entendiendo el calentamiento global de 1,5 °C⁴

A.1 Se estima que las actividades humanas han causado un calentamiento global de aproximadamente 1,0 °C⁵ con respecto a los niveles preindustriales, con un rango probable de 0,8 °C a 1,2 °C. Es probable que el calentamiento global llegue a 1,5 °C entre 2030 y 2052 si continúa aumentando al ritmo actual (nivel de confianza alto). (Figura RRP.1) (1.2)

A.1.1 En concordancia con la tendencia prolongada de calentamiento que existe desde la época preindustrial, la temperatura media global en superficie observada en el decenio 2006-2015 fue 0,87 °C más alta (rango probable entre 0,75 °C y 0,99 °C)⁶ que el promedio del periodo 1850-1900 (nivel de confianza muy alto). El calentamiento global antropógeno estimado coincide con el nivel de calentamiento observado en ±20 % (rango probable). El calentamiento global antropógeno estimado aumenta actualmente a 0,2 °C (rango probable entre 0,1 °C y 0,3 °C) por decenio como consecuencia de las emisiones anteriores y actuales (nivel de confianza alto). (1.2.1, cuadro 1.1, 1.2.4)

A.1.2 En muchas regiones y estaciones del año se está experimentando un calentamiento superior al promedio mundial anual y, particularmente en el Ártico, el calentamiento llega a entre el doble y el triple. Por lo general, el calentamiento es mayor en la tierra que en el océano (nivel de confianza alto). (1.2.1, 1.2.2, figura 1.1, figura 1.3, 3.3.1, 3.3.2)

¹ Decisión 1/CP.21, párrafo 21.

² La evaluación comprende los trabajos aceptados para su publicación hasta el 15 de mayo de 2018.

³ Cada conclusión se basa en una evaluación de la evidencia subyacente y el acuerdo. El nivel de confianza se expresa mediante cinco calificativos: muy bajo, bajo, medio, alto o muy alto, y figura en letra cursiva (p. ej., nivel de confianza medio). Se han utilizado los siguientes términos para indicar la probabilidad de un resultado: prácticamente seguro, 99 % a 100 % de probabilidad; muy probable, 90 % a 100 %; probable, 66 % a 100 %; tan probable como improbable, 33 % a 66 %; improbable, 0 % a 33 %; muy improbable, 0 % a 10 %, y extraordinariamente improbable, 0 % a 1 %. Se utilizan otras expresiones cuando resulta apropiado (sumamente probable, 95 % a 100 %; más bien probable, 50 % a 100 %; más improbable que probable, 0 % a 50 %; y sumamente improbable, 0 % a 5 %). La probabilidad evaluada figura en letra cursiva (p. ej., muy probable), por coherencia con el Quinto Informe de Evaluación (IES).

⁴ Recuadro RRP.1: Conceptos básicos fundamentales para este informe especial.

⁵ El nivel actual de calentamiento global se define como el calentamiento promedio de un periodo de 30 años en el que se toma como referencia el año 2017, en el supuesto de que continúe el ritmo actual de calentamiento.

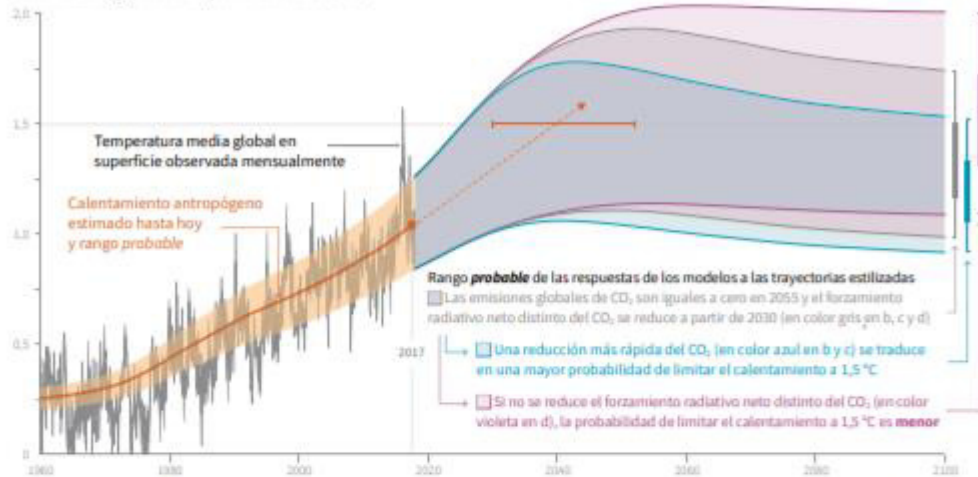
⁶ Este rango abarca las cuatro estimaciones revisadas por homólogos disponibles del cambio en la temperatura media global en superficie observada y representa también la incertidumbre adicional atribuible a la posible variabilidad natural a corto plazo. (1.2.1, cuadro 1.1)

- A.1.3 Se han detectado tendencias en relación con la intensidad y la frecuencia de varios fenómenos climáticos y meteorológicos extremos en lapsos durante los que se produjo un calentamiento global de aproximadamente 0,5 °C (*nivel de confianza medio*). Esta evaluación se basa en varias líneas de evidencia, entre ellas estudios de atribución de los cambios en los fenómenos extremos desde 1950. (3.3.1, 3.3.2, 3.3.3)
- A.2 El calentamiento causado por las emisiones antropógenas desde el periodo preindustrial hasta la actualidad durará de siglos a milenios y seguirá causando nuevos cambios a largo plazo en el sistema climático, como un aumento del nivel del mar, acompañados de impactos asociados (*nivel de confianza alto*); no obstante, es *improbable* que esas emisiones por sí solas causen un calentamiento global de 1,5 °C (*nivel de confianza medio*). (Figura RRP.1) (1.2, 3.3, figura 1.5)
- A.2.1 Es *improbable* que las emisiones antropógenas (incluidos los gases de efecto invernadero, los aerosoles y sus precursores) realizadas hasta la fecha causen un calentamiento superior a 0,5 °C durante los próximos dos o tres decenios (*nivel de confianza alto*) o en una escala temporal de un siglo (*nivel de confianza medio*). (1.2.4, figura 1.5)
- A.2.2 El calentamiento global antropógeno en escalas de tiempo multidecenales se detendría si se alcanzaran y mantuvieran emisiones antropógenas globales netas de CO₂ iguales a cero y se redujera el forzamiento radiativo neto distinto del CO₂ (*nivel de confianza alto*). Por consiguiente, la temperatura máxima que se alcanzará está determinada por las emisiones antropógenas globales netas de CO₂ acumuladas hasta el momento en que las emisiones netas de CO₂ sean iguales a cero (*nivel de confianza alto*) y por el nivel de forzamiento radiativo distinto del CO₂ en los decenios inmediatamente anteriores al momento en que se alcancen esas temperaturas máximas (*nivel de confianza medio*). En escalas temporales más largas, para evitar un mayor calentamiento debido a la retroalimentación del sistema Tierra y la acidificación inversa de los océanos, podría hacer falta mantener emisiones antropógenas globales netas negativas de CO₂ o reducir aún más el forzamiento radiativo distinto del CO₂ (*nivel de confianza medio*); ambas condiciones serán necesarias para minimizar el aumento del nivel del mar (*nivel de confianza alto*). (Recuadro general 2 del capítulo 1, 1.2.3, 1.2.4, figura 1.4, 2.2.1, 2.2.2, 3.4.4.8, 3.4.5.1, 3.6.3.2)
- A.3 Los riesgos relacionados con el clima para los sistemas naturales y humanos son mayores con un calentamiento global de 1,5 °C que los que existen actualmente, pero menores que con un calentamiento global de 2 °C (*nivel de confianza alto*). Esos riesgos dependen de la magnitud y el ritmo del calentamiento, la ubicación geográfica y los niveles de desarrollo y vulnerabilidad, así como de las opciones de adaptación y mitigación que se elijan y de su implementación (*nivel de confianza alto*). (Figura RRP.2) (1.3, 3.3, 3.4, 5.6)
- A.3.1 Ya se han observado impactos en los sistemas naturales y humanos como consecuencia del calentamiento global (*nivel de confianza alto*). Muchos ecosistemas terrestres y oceánicos y algunos de los servicios que proveen ya han cambiado debido al calentamiento global (*nivel de confianza alto*). (Figura RRP.2) (1.4, 3.4, 3.5)
- A.3.2 Los riesgos futuros relacionados con el clima dependen del ritmo, el pico y la duración del calentamiento. En conjunto, estos son mayores si el calentamiento global supera los 1,5 °C antes de volver a ese nivel para 2100 que si el calentamiento global se estabiliza gradualmente en 1,5 °C, especialmente si la temperatura máxima es alta (p. ej., alrededor de 2 °C) (*nivel de confianza alto*). Algunos impactos pueden ser duraderos o irreversibles, como la pérdida de algunos ecosistemas (*nivel de confianza alto*). (3.2, 3.4.4, 3.6.3, recuadro general 8 del capítulo 3)
- A.3.3 Ya están en marcha medidas de adaptación y mitigación (*nivel de confianza alto*). Los riesgos futuros relacionados con el clima disminuirían aumentando la escala de la mitigación del cambio climático intersectorial, acelerando su implementación a gran alcance y en múltiples niveles y realizando una adaptación gradual y transformativa (*nivel de confianza alto*). (1.2, 1.3, cuadro 3.5, 4.2.2, recuadro general 9 del capítulo 4, recuadro 4.2, recuadro 4.3, recuadro 4.6, 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3, 4.3.4, 4.3.5, 4.4.1, 4.4.4, 4.4.5, 4.5.3)

Las emisiones acumuladas de CO₂ y el futuro forzamiento radiativo distinto del CO₂ determinan la probabilidad de limitar el calentamiento a 1,5 °C

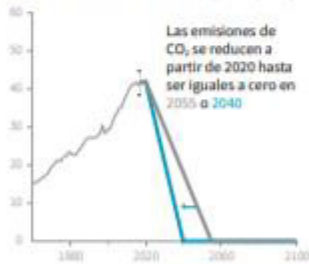
a) Cambio en la temperatura global observada y respuestas de los modelos a las trayectorias estilizadas de las emisiones antropógenas y del forzamiento

Calentamiento global con respecto a 1850-1900 (°C)



b) Trayectorias estilizadas de las emisiones globales netas de CO₂

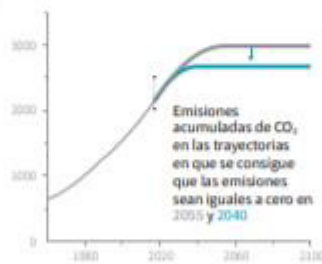
Miles de millones de toneladas de CO₂ al año (GtCO₂/año)



Una reducción más rápida e inmediata de las emisiones de CO₂ limita las emisiones acumuladas de CO₂ que aparecen en el gráfico c).

c) Emisiones netas acumuladas de CO₂

Miles de millones de toneladas de CO₂ al año (GtCO₂/año)



El aumento de la temperatura máxima se determina a partir de las emisiones netas acumuladas de CO₂ y del forzamiento radiativo distinto del CO₂, ocasionado por el metano, el óxido nítrico, los aerosoles y otros agentes de forzamiento antropogénico.

d) Trayectorias del forzamiento radiativo distinto del CO₂

Watts por metro cuadrado (W/m²)

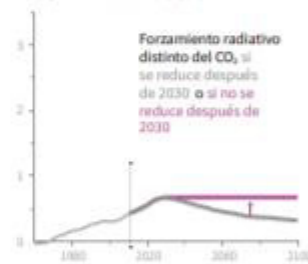


Figura RRP.1 | Gráfico a): Cambio en la temperatura media global en superficie observada mensualmente (línea de color gris hasta 2017, calculado a partir de los conjuntos de datos HadCRUT4, GISTEMP, Cowtan-Way y NOAA) y calentamiento global antropogénico estimado (línea continua de color naranja hasta 2017; el sombreado naranja indica el rango probable evaluado). La flecha punteada de color naranja y la banda horizontal de error de color naranja indican respectivamente la estimación central y el rango probable del período en el que se alcanzaría un calentamiento global de 1,5 °C si se mantiene el ritmo actual de calentamiento. La estela gris de la derecha en el gráfico a) indica el rango probable de las respuestas de calentamiento, calculadas mediante un modelo climático simple, para una trayectoria estilizada (futuro hipotético) en que las emisiones netas de CO₂ (línea gris en los gráficos b) y c)) disminuyen en línea recta desde 2020 hasta ser iguales a cero en 2055 y el forzamiento radiativo neto distinto del CO₂ (línea gris en el gráfico d)) aumenta hasta 2030 y luego disminuye. La estela azul del gráfico a) indica la respuesta a una rápida reducción de las emisiones de CO₂ (línea azul en el gráfico b)) que permite conseguir que las emisiones netas sean iguales a cero en 2040, de manera que se reduzcan las emisiones acumuladas de CO₂ (gráfico c)). La estela violeta indica la respuesta en caso de que las emisiones netas de CO₂ se reduzcan hasta cero en 2055 y el forzamiento radiativo neto distinto del CO₂ se mantenga constante después de 2030. Las barras verticales de error de la derecha en el gráfico a) indican los rangos probables (líneas finas) y los terciles medios (percentiles 33 a 66, líneas gruesas) de la distribución estimada del calentamiento en 2100 de acuerdo con las tres trayectorias estilizadas. Las barras verticales de error punteadas de los gráficos b), c) y d) indican el rango probable de las emisiones globales netas de CO₂ acumuladas y anuales históricas en 2017 (datos del Proyecto Carbono Global) y del forzamiento radiativo neto distinto del CO₂ en 2011 según el Quinto Informe de Evaluación (IES), respectivamente. Los ejes verticales de los gráficos c) y d) están ajustados a escala para representar aproximadamente los mismos efectos en la temperatura media global en superficie. (1.2.1, 1.2.3, 1.2.4, 2.3, figura 1.2 y material complementario del capítulo 1, recuadro general 2 del capítulo 1)

B. Cambio climático previsto, impactos potenciales y riesgos asociados

- B.1** Los modelos climáticos prevén diferencias robustas⁷ en las características regionales del clima entre el momento actual y un calentamiento global de 1,5 °C, y entre un calentamiento global de 1,5 °C y de 2 °C.⁸ Esas diferencias comprenden un aumento de la temperatura media en la mayoría de las regiones terrestres y oceánicas (*nivel de confianza alto*), de los episodios de calor extremo en la mayoría de las regiones habitadas (*nivel de confianza alto*), de las precipitaciones intensas en varias regiones (*nivel de confianza medio*) y de la probabilidad de sequía y de déficits de precipitación en algunas regiones (*nivel de confianza medio*). (3.3)
- B.1.1** La evidencia de los cambios atribuidos a un calentamiento global de alrededor de 0,5 °C en relación con diversos fenómenos climáticos y meteorológicos extremos sustenta la evaluación de que 0,5 °C más de calentamiento con respecto al nivel actual traerá consigo nuevos cambios detectables en esos fenómenos extremos (*nivel de confianza medio*). Se estima que se producirán varios cambios regionales en el clima como consecuencia de un calentamiento global de hasta 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, entre ellos el incremento de las temperaturas extremas en muchas regiones (*nivel de confianza alto*), el aumento de la frecuencia, la intensidad o la cantidad de las precipitaciones intensas en varias regiones (*nivel de confianza alto*) y un aumento de la intensidad o la frecuencia de las sequías en algunas regiones (*nivel de confianza medio*). (3.2, 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4, cuadro 3.2)
- B.1.2** Se prevé que las temperaturas extremas en tierra aumenten más que la temperatura media global en superficie (*nivel de confianza alto*); el aumento de las temperaturas de los días de calor extremo, en las latitudes medias se prevé en hasta aproximadamente 3 °C con un calentamiento global de 1,5 °C y hasta aproximadamente 4 °C con un calentamiento global de 2 °C; y el aumento de las temperaturas de las noches extremadamente frías, en las latitudes altas, se se prevé en hasta aproximadamente en 4,5 °C con un calentamiento global de 1,5 °C y hasta aproximadamente 6 °C con un calentamiento global de 2 °C (*nivel de confianza alto*). Se calcula que el número de días cálidos aumentará en la mayoría de las regiones terrestres y que los mayores incrementos tendrán lugar en los trópicos (*nivel de confianza alto*). (3.3.1, 3.3.2, recuadro general 8 del capítulo 3)
- B.1.3** En algunas regiones se prevé que los riesgos debidos a las sequías y los déficits de precipitación sean mayores con un calentamiento global de 2 °C que con uno de 1,5 °C (*nivel de confianza medio*). Se calcula que los riesgos de episodios de precipitaciones intensas serán mayores con un calentamiento global de 2 °C que con uno de 1,5 °C en varias regiones de latitudes altas o a gran altitud en el hemisferio norte, en el este de Asia y en el este de América del Norte (*nivel de confianza medio*). Se prevé que las precipitaciones intensas propias de los ciclones tropicales sean mayores con un calentamiento global de 2 °C que con uno de 1,5 °C (*nivel de confianza medio*). Hay un nivel de confianza bajo general en cuanto a los cambios previstos en las precipitaciones intensas con un calentamiento global de 2 °C en contraste con uno de 1,5 °C en otras regiones. Se calcula que el total de las precipitaciones intensas a escala mundial será mayor con un calentamiento global de 2 °C que con uno de 1,5 °C (*nivel de confianza medio*). Como consecuencia de las precipitaciones intensas, se prevé que la fracción de la superficie terrestre mundial afectada por peligro de inundaciones sea mayor con un calentamiento global de 2 °C que con uno de 1,5 °C (*nivel de confianza medio*). (3.3.1, 3.3.3, 3.3.4, 3.3.5, 3.3.6)
- B.2** Para 2100, se prevé que el aumento del nivel medio global del mar sea aproximadamente 0,1 m inferior con un calentamiento global de 1,5 °C que con uno de 2 °C (*nivel de confianza medio*). El nivel del mar seguirá aumentando después de 2100 (*nivel de confianza alto*) y la magnitud y el ritmo de ese aumento dependerán de las trayectorias que sigan las emisiones en el futuro. Las oportunidades de adaptación en los sistemas humanos y ecológicos de las islas pequeñas, las costas bajas y los deltas serán mayores si el nivel del mar aumenta a menor velocidad (*nivel de confianza medio*). (3.3, 3.4, 3.6)
- B.2.1** Las previsiones de los modelos del aumento del nivel medio global del mar (con respecto a 1986-2005) sugieren un rango indicativo de 0,26 a 0,77 m para 2100 si el calentamiento global es de 1,5 °C, 0,1 m (0,04-0,16 m) menos que si el calentamiento global es de 2 °C (*nivel de confianza medio*). Una reducción de 0,1 m en el aumento del nivel global del mar implica que hasta 10 millones de personas menos estarán expuestas a los riesgos conexos; este cálculo está basado en las cifras de población de 2010 y en el supuesto de que no se implementen medidas de adaptación (*nivel de confianza medio*). (3.4.4, 3.4.5, 4.3.2)
- B.2.2** El nivel del mar seguirá aumentando después de 2100 aunque el calentamiento global se limite a 1,5 °C en el siglo XXI (*nivel de confianza alto*). La inestabilidad de la capa de hielo marino de la Antártida o la pérdida irreversible de la capa de hielo de Groenlandia

⁷ El término "robusto" se utiliza en el sentido de que al menos en dos tercios de los modelos climáticos se observan los mismos indicios de cambios en la escala reticular, y que las diferencias en regiones extensas son significativas desde el punto de vista estadístico.

⁸ Los cambios previstos en los impactos según los diferentes niveles de calentamiento global se determinan con respecto a los cambios en la temperatura global del aire en superficie.

podrían tener como consecuencia que el nivel del mar aumente varios metros durante siglos o milenios. Esas inestabilidades se podrían desencadenar con un calentamiento global de alrededor de 1,5 °C a 2 °C (*nivel de confianza medio*). (Figura RRP.2) (3.3.9, 3.4.5, 3.5.2, 3.6.3, recuadro 3.3)

El incremento del calentamiento amplifica la exposición de las islas pequeñas, las zonas costeras bajas y los deltas a los riesgos asociados al aumento del nivel del mar para muchos sistemas humanos y ecológicos, como las intrusiones de agua salada, las inundaciones y los daños en la infraestructura (*nivel de confianza alto*). Los riesgos asociados al aumento del nivel del mar son mayores con un calentamiento global de 2 °C que con uno de 1,5 °C. Un aumento más lento del nivel del mar como resultado de un calentamiento global de 1,5 °C reduce los riesgos, haciendo factibles mayores oportunidades de adaptación, como la gestión y la restauración de ecosistemas costeros naturales y el fortalecimiento de la infraestructura (*nivel de confianza medio*). (Figura RRP.2) (3.4.5, recuadro 3.5)

En la superficie terrestre, se prevé que los impactos en la biodiversidad y en los ecosistemas, entre ellos la pérdida y la extinción de especies, sean menores con un calentamiento global de 1,5 °C que con uno de 2 °C. Si el calentamiento global se limita a 1,5 °C en lugar de 2 °C, se calcula que los impactos en los ecosistemas terrestres, costeros y de agua dulce serán menores y que se conservarán más servicios ecosistémicos para los seres humanos (*nivel de confianza alto*). (Figura RRP.2) (3.4, 3.5, recuadros 3.4 y 4.2, recuadro general 8 del capítulo 3)

De las 105 000 especies estudiadas,⁹ se prevé que el 6 % de los insectos, el 8 % de las plantas y el 4 % de los vertebrados pierdan más de la mitad de su alcance geográfico determinado climáticamente si el calentamiento global es de 1,5 °C, en contraste con un 18 % de los insectos, un 16 % de las plantas y un 8 % de los vertebrados si el calentamiento global es de 2 °C (*nivel de confianza medio*). Los impactos asociados a otros riesgos relacionados con la biodiversidad, como los incendios forestales y la propagación de especies invasoras, son menores con un calentamiento global de 1,5 °C que con uno de 2 °C (*nivel de confianza alto*). (3.4.3, 3.5.2)

Se prevé que aproximadamente un 4 % (rango intercuartílico del 2 % al 7 %) de la superficie terrestre mundial experimente una transformación de sus ecosistemas de un tipo a otro con un calentamiento global de 1 °C, en contraste con el 13 % (rango intercuartílico del 8 % al 20 %) si el calentamiento global es de 2 °C (*nivel de confianza medio*). Este dato indica que se reduciría en cerca de un 50 % la superficie en riesgo con un calentamiento global de 1,5 °C con respecto a uno de 2 °C (*nivel de confianza medio*). (3.4.3.1, 3.4.3.5)

Los bosques boreales y la tundra en latitudes altas se encuentran especialmente en riesgo de sufrir degradación y pérdidas por el cambio climático; en la tundra ya se puede observar la aparición de arbustos leñosos (*nivel de confianza alto*), que seguirán proliferando a medida que aumente el calentamiento. Se prevé que limitar el calentamiento global a 1,5 °C en lugar de 2 °C evitará el deshielo durante siglos de una superficie de permafrost de 1,5 a 2,5 millones de km² (*nivel de confianza medio*). (3.3.2, 3.4.3, 3.5.5)

Se prevé que si el calentamiento global se limita a 1,5 °C en lugar de 2 °C se reducirán los incrementos de la temperatura en los océanos, el aumento vinculado de su acidez y el descenso en su nivel de oxígeno (*nivel de confianza alto*). Por consiguiente, si el calentamiento global se limita a 1,5 °C, se prevé que los riesgos sean menores para la biodiversidad, la pesca y los ecosistemas marinos, así como las funciones y servicios que estos prestan a los seres humanos, como lo ilustran los cambios recientes en los ecosistemas de hielo marino del Ártico y de los arrecifes de coral de aguas cálidas (*nivel de confianza alto*). (3.3, 3.4, 3.5, recuadro 3.4, recuadro 3.5)

Hay un *nivel de confianza alto* en que la probabilidad de un océano Ártico sin hielo marino durante el verano sea considerablemente menor con un calentamiento global de 1,5 °C que con uno de 2 °C. Si el calentamiento global es de 1,5 °C, se prevé que haya un verano sin hielo marino en el Ártico cada siglo; la probabilidad aumenta a un verano cada decenio si el calentamiento global es de 2 °C. En escalas de tiempo decenales, los efectos de un sobrepaso de la temperatura son reversibles en la capa de hielo del Ártico (*nivel de confianza alto*). (3.3.8, 3.4.4.7)

Se prevé que el calentamiento global de 1,5 °C cambie la distribución de muchas especies marinas (a latitudes más altas) y aumente los daños en muchos ecosistemas. También se prevé que cause la pérdida de recursos costeros y reduzca la productividad de la pesca y acuicultura (sobre todo en latitudes bajas). Se calcula que los riesgos de los impactos inducidos por el clima serán mayores con un calentamiento global de 2 °C que con uno de 1,5 °C (*nivel de confianza alto*). Por ejemplo, se prevé que los arrecifes de coral se reduzcan de un 70 % a un 90 % adicional con un calentamiento global de 1,5 °C (*nivel de confianza alto*); las pérdidas serán mayores

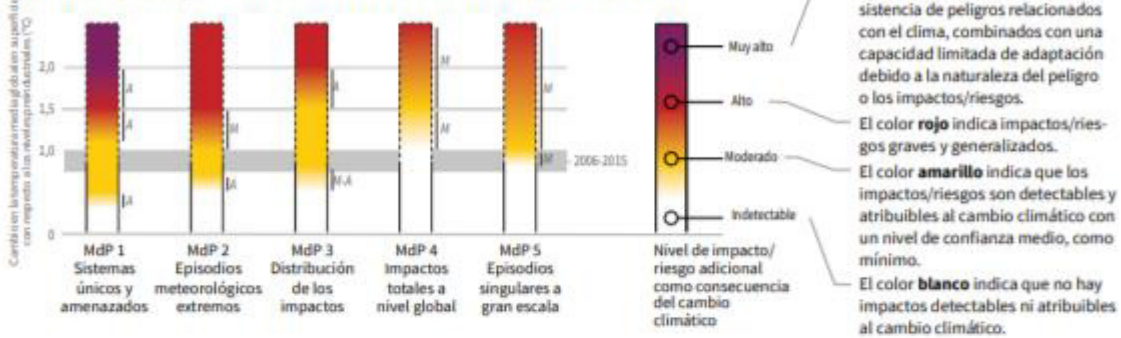
- (>99 %) con un calentamiento global de 2 °C (*nivel de confianza muy alto*). El riesgo de la pérdida irreversible de muchos ecosistemas marinos y costeros aumenta con el calentamiento global, especialmente si alcanza o supera los 2 °C (*nivel de confianza alto*). (3.4.4, recuadro 3.4)
- B.4.3 Se prevé que el nivel de acidificación de los océanos como consecuencia del aumento de las concentraciones de CO₂ asociadas a un calentamiento global de 1,5 °C amplifique los efectos adversos del calentamiento, y que la amplificación sea aún mayor si el calentamiento global alcanza los 2 °C, lo que repercutiría en el crecimiento, el desarrollo, la calcificación, la supervivencia y, por ende, en la abundancia de una amplia gama de especies, por ejemplo, desde algas a peces (*nivel de confianza alto*). (3.3.10, 3.4.4)
- B.4.4 Los impactos del cambio climático en el océano incrementan los riesgos para la pesca y la acuicultura a raíz de los impactos en la fisiología, la supervivencia, el hábitat, la reproducción y la incidencia de enfermedades y del riesgo de aparición de especies invasoras (*nivel de confianza medio*), pero se prevé que haya menos impactos con un calentamiento global de 1,5 °C que con uno de 2 °C. Por ejemplo, en un modelo de pesca mundial se calculaba que las capturas mundiales anuales de pesca marina se reducirían en torno a 1,5 millones de toneladas con un calentamiento global de 1,5 °C, frente a una pérdida de más de 3 millones de toneladas con uno de 2 °C (*nivel de confianza medio*). (3.4.4, recuadro 3.4)
- B.5 Se prevé que los riesgos relacionados con el clima para la salud, los medios de subsistencia, la seguridad alimentaria, el suministro de agua, la seguridad humana y el crecimiento económico aumenten con un calentamiento global de 1,5 °C, y que esos riesgos sean aún mayores con un calentamiento global de 2 °C. (Figura RRP2) (3.4, 3.5, recuadro 3.2, recuadro 3.3, recuadro 3.5, recuadro 3.6, recuadro general 6 del capítulo 3, recuadro general 9 del capítulo 4, recuadro general 12 del capítulo 5, 5.2)**
- B.5.1 Entre las poblaciones con un riesgo desproporcionadamente alto de sufrir consecuencias adversas por un calentamiento global de 1,5 °C o mayor se encuentran las poblaciones desfavorecidas y vulnerables, algunos pueblos indígenas y las comunidades locales que dependen de medios de subsistencia agrícolas o propios de las zonas costeras (*nivel de confianza alto*). Entre las regiones que se encuentran en una situación de riesgo desproporcionadamente alto están los ecosistemas del Ártico, las regiones áridas, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países menos adelantados (*nivel de confianza alto*). Se prevé que la pobreza y las desventajas crezcan en algunas poblaciones a medida que aumente el calentamiento global; si el calentamiento global se limita a 1,5 °C en lugar de 2 °C, se podría reducir hasta en varios cientos de millones el número de personas expuestas a los riesgos relacionados con el clima y susceptibles de caer en la pobreza de aquí a 2050 (*nivel de confianza medio*). (3.4.10, 3.4.11, recuadro 3.5, recuadro general 6 del capítulo 3, recuadro general 9 del capítulo 4, recuadro general 12 del capítulo 5, 4.2.2.2, 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3, 5.6.3)
- B.5.2 Se prevé que cualquier aumento del calentamiento global repercuta en la salud humana, fundamentalmente de manera negativa (*nivel de confianza alto*). Se calcula que los riesgos serán menores con 1,5 °C que con 2 °C en lo que respecta a la morbilidad y mortalidad relacionadas con el calor (*nivel de confianza muy alto*) y a la mortalidad relacionada con el ozono, si las emisiones que originan la formación de ozono se mantienen a niveles altos (*nivel de confianza alto*). Las islas urbanas de calor suelen amplificar los impactos de las olas de calor en las ciudades (*nivel de confianza alto*). Se calcula que con un calentamiento global de 1,5 °C a 2 °C aumentarán los riesgos de algunas enfermedades transmitidas por vectores, como la malaria y el dengue, lo que implica cambios potenciales en cuanto a su alcance geográfico (*nivel de confianza alto*). (3.4.7, 3.4.8, 3.5.5.8)
- B.5.3 Si el calentamiento se limita a 1,5 °C en lugar de 2 °C, se calcula que serán menores las reducciones netas del rendimiento del maíz, el arroz y el trigo, y posiblemente de otros cereales, especialmente en África subsahariana, el sureste de Asia, y América Central y del Sur, y de la calidad alimenticia del arroz y el trigo, que depende del CO₂ (*nivel de confianza alto*). La disminución de la disponibilidad de alimentos prevista será más notoria con un calentamiento global de 2 °C que con uno de 1,5 °C en el Sahel, el sur de África, el Mediterráneo, Europa central y el Amazonas (*nivel de confianza medio*). Se prevé que el ganado se vea afectado negativamente por el aumento de las temperaturas, según sea la magnitud de los cambios en la calidad de los piensos, la propagación de enfermedades y la disponibilidad de recursos hídricos (*nivel de confianza alto*). (3.4.6, 3.5.4, 3.5.5, recuadro 3.1, recuadro general 6 del capítulo 3, recuadro general 9 del capítulo 4).
- B.5.4 En función de las futuras condiciones socioeconómicas, si el calentamiento global se limita a 1,5 °C en lugar de 2 °C se podría reducir hasta en un 50 % la proporción de la población mundial que estaría expuesta a un aumento del estrés hídrico causado por el cambio climático, si bien la variabilidad interregional es considerable (*nivel de confianza medio*). Muchos pequeños Estados insulares en desarrollo experimentarían un estrés hídrico menor como resultado de los cambios previstos en la aridez si el calentamiento global se limita a 1,5 °C en lugar de 2 °C (*nivel de confianza medio*). (3.3.5, 3.4.2, 3.4.8, 3.5.5, recuadro 3.2, recuadro 3.5, recuadro general 9 del capítulo 4)

- B.5.5 Se calcula que los riesgos para el crecimiento económico mundial en su conjunto, como consecuencia de los impactos del cambio climático, serán menores con un calentamiento global de 1,5 °C que con uno de 2 °C de aquí al final del presente siglo¹² (*nivel de confianza medio*). Lo anterior excluye los costos de la mitigación, las inversiones en adaptación y los beneficios de la adaptación. Se prevé que los países situados en los trópicos y en los subtropicos del hemisferio sur sufran los mayores impactos en el crecimiento económico como consecuencia del cambio climático si el calentamiento global aumenta de 1,5 °C a 2 °C (*nivel de confianza medio*). (3.5.2, 3.5.3)
- B.5.6 La exposición a riesgos climáticos múltiples y compuestos aumenta con un calentamiento global de entre 1,5 °C y 2 °C; la mayor proporción de personas expuestas y susceptibles a la pobreza se encuentra en África y Asia (*nivel de confianza alto*). Con un calentamiento global de 1,5 °C a 2 °C, los riesgos en los sectores de la energía, la alimentación y el agua se podrían traslapar espacial y temporalmente, creando nuevos peligros, exposiciones y vulnerabilidades que podrían afectar a un número cada vez mayor de personas y regiones (*nivel de confianza medio*). (Recuadro 3.5, 3.3.1, 3.4.5.3, 3.4.5.6, 3.4.11, 3.5.4.9)
- B.5.7 Hay múltiples líneas de evidencia que muestran que desde el Quinto Informe de Evaluación los niveles de riesgo evaluados con un calentamiento global de hasta 2 °C han aumentado en relación con cuatro de los cinco motivos de preocupación (MdP) (*nivel de confianza alto*). Las transiciones de los riesgos en función del nivel de calentamiento global son las siguientes: de alto a muy alto entre 1,5 °C y 2 °C para el MdP 1 (Sistemas únicos y amenazados) (*nivel de confianza alto*); de moderado a alto entre 1,0 °C y 1,5 °C para el MdP 2 (Episodios meteorológicos extremos) (*nivel de confianza medio*); de moderado a alto entre 1,5 °C y 2 °C para el MdP 3 (Distribución de los impactos) (*nivel de confianza alto*); de moderado a alto entre 1,5 °C y 2,5 °C para el MdP 4 (Impactos totales a nivel global) (*nivel de confianza medio*); y de moderado a alto entre 1 °C y 2,5 °C para el MdP 5 (Episodios singulares a gran escala) (*nivel de confianza medio*). (Figura RRP.2) (3.4.13; 3.5, 3.5.2)
- B.6 La mayoría de las necesidades de adaptación serán inferiores con un calentamiento global de 1,5 °C que con uno de 2 °C (*nivel de confianza alto*). Hay una amplia gama de opciones de adaptación que pueden reducir los riesgos del cambio climático (*nivel de confianza alto*). La adaptación y la capacidad de adaptación de algunos sistemas naturales y humanos son limitadas con un calentamiento global de 1,5 °C, con pérdidas asociadas (*nivel de confianza medio*). El número de opciones de adaptación y su disponibilidad varían en función del sector (*nivel de confianza medio*). (Cuadro 3.5, 4.3, 4.5, recuadro general 9 del capítulo 4, recuadro general 12 del capítulo 5)**
- B.6.1 Existe una amplia gama de opciones de adaptación con miras a reducir los riesgos para los ecosistemas naturales y gestionados (p. ej., la adaptación basada en los ecosistemas, la restauración de ecosistemas y la prevención de la degradación y la deforestación, la gestión de la biodiversidad, la acuicultura sostenible, y los conocimientos locales e indígenas), los riesgos del aumento del nivel del mar (p. ej., la defensa y el refuerzo de las costas), y los riesgos para la salud, los medios de subsistencia, los alimentos, el agua y el crecimiento económico, especialmente en los entornos rurales (p. ej., prácticas de riego eficiente, redes de seguridad social, gestión de riesgos de desastres, diversificación y distribución de los riesgos, y adaptación basada en las comunidades) y en las zonas urbanas (p. ej., infraestructuras ecológicas, utilización y planificación sostenibles de la tierra y gestión sostenible del agua) (*nivel de confianza medio*). (4.3.1, 4.3.2, 4.3.3, 4.3.5, 4.5.3, 4.5.4, 5.3.2, recuadro 4.2, recuadro 4.3, recuadro 4.6, recuadro general 9 del capítulo 4).
- B.6.2 Se prevé que la adaptación sea más difícil para los ecosistemas y los sistemas alimentarios y de salud con un calentamiento global de 2 °C que con uno de 1,5 °C (*nivel de confianza medio*). Se prevé que algunas regiones vulnerables, en particular las islas pequeñas y los países menos adelantados, experimenten varios riesgos climáticos importantes relacionados entre sí con un calentamiento global de 1,5 °C (*nivel de confianza alto*). (3.3.1, 3.4.5, recuadro 3.5, cuadro 3.5, recuadro general 9 del capítulo 4, 5.6, recuadro general 12 del capítulo 5, recuadro 5.3)
- B.6.3 Existen límites para la capacidad de adaptación con un calentamiento global de 1,5 °C, que aumentan si el calentamiento es mayor y varían en función del sector, lo que tiene consecuencias específicas para las regiones vulnerables, los ecosistemas y la salud humana (*nivel de confianza medio*). (Recuadro general 12 del capítulo 5, recuadro 3.5, cuadro 3.5)

Cómo influye el nivel de calentamiento global en los impactos o los riesgos asociados a los motivos de preocupación y en determinados sistemas naturales, gestionados y humanos

Los cinco motivos de preocupación (Mdp) ilustran los impactos y los riesgos de los diferentes niveles de calentamiento global para las personas, las economías y los ecosistemas de los distintos sectores y regiones.

Impactos y riesgos asociados a los motivos de preocupación



Impactos y riesgos para determinados sistemas naturales, gestionados y humanos

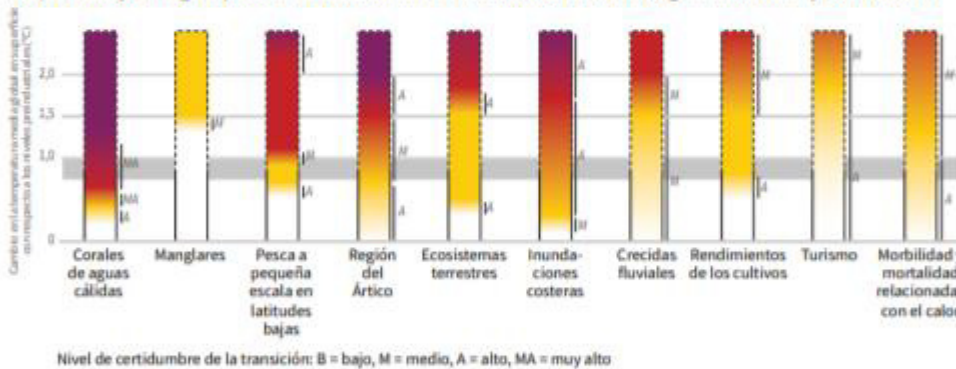


Figura RRP.2 | Los cinco Motivos de Preocupación (Mdp), establecidos en el Tercer Informe de Evaluación del IPCC, brindan un marco para resumir los principales impactos y riesgos respecto de los distintos sectores y regiones. Los motivos de preocupación ilustran las consecuencias del calentamiento global para las personas, las economías y los ecosistemas. Los impactos o riesgos relacionados con cada motivo de preocupación se basan en la evaluación de nueva literatura que ha aparecido. Como en el IE5, esta literatura se utilizó para elaborar juicios de expertos con el fin de evaluar los niveles de calentamiento global en que los niveles de impacto o riesgo son indetectables, moderados, altos o muy altos. Los impactos y riesgos seleccionados en relación con los sistemas naturales, gestionados y humanos que aparecen en el gráfico inferior son ilustrativos y dicha selección no pretende ser exhaustiva. [3.4, 3.5, 3.5.2.1, 3.5.2.2, 3.5.2.3, 3.5.2.4, 3.5.2.5, 5.4.1 5.5.3, 5.6.1, recuadro 3.4]

Mdp 1 - Sistemas únicos y amenazados: sistemas ecológicos y humanos con alcances geográficos restringidos que están limitados por condiciones relacionadas con el clima y presentan un elevado endemismo u otras propiedades características. A modo de ejemplo, cabe citar los arrecifes de coral, el Ártico y sus pueblos indígenas, los glaciares y los puntos de biodiversidad críticos.

Mdp 2 - Episodios meteorológicos extremos: riesgos o impactos para la salud humana, los medios de subsistencia, los bienes y los ecosistemas derivados de fenómenos meteorológicos extremos como las olas de calor, las precipitaciones intensas, la sequía y los incendios forestales concurrentes y las inundaciones costeras.

Mdp 3 - Distribución de los impactos: riesgos o impactos que afectan de manera desproporcionada a grupos concretos debido a una distribución desigual de los peligros del cambio climático o de la exposición o vulnerabilidad a esos peligros.

Mdp 4 - Impactos totales a nivel global: perjuicios económicos globales, degradación y pérdida a nivel mundial de ecosistemas y biodiversidad.

Mdp 5 - Episodios singulares a gran escala: cambios relativamente grandes, repentinos y, en algunos casos, irreversibles que afectan a los sistemas y están causados por el calentamiento global. A modo de ejemplo, cabe citar la desintegración de los mantos de hielo de Groenlandia y la Antártida.

INSTITUTO DE ASTROFISICA DE ANDALUCIA, IAA-CSIC

ACTUALIDAD INVESTIGACIÓN TECNOLOGÍA INSTITUTO DIVULGACIÓN OBSERVATORIOS SITEMAP CONTACTO

La concentración de dióxido de carbono también aumenta en la alta atmósfera

El Instrumento SABER, a bordo del satélite TIMED (NASA), ha hallado un aumento de entre un 5% y un 12% por década en la concentración de CO₂ en la alta atmósfera



stratosphere

15/09/2015

El aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂), que calienta la capa inferior de la atmósfera (troposfera) y produce lo que globalmente se conoce como cambio climático, también afecta a las capas altas de la atmósfera. El instrumento SABER, a bordo del satélite TIMED (NASA), ha medido entre 2002 y 2014 un incremento de la cantidad de dióxido de carbono en la alta atmósfera de entre un 5% y un 12% por década, superior al detectado en las capas bajas.

"El CO₂ es un gas con una vida media larga; cada nueva molécula que se produce permanecerá más de un siglo en la atmósfera -señala Manuel López Puertas, investigador del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) que participa en el estudio y que codirige el Instrumento SABER-. Y el dióxido de carbono de la baja atmósfera se transporta hacia las capas altas en un margen de tiempo de entre cinco y siete años, de modo que cualquier incremento tendrá una influencia también en la alta atmósfera".

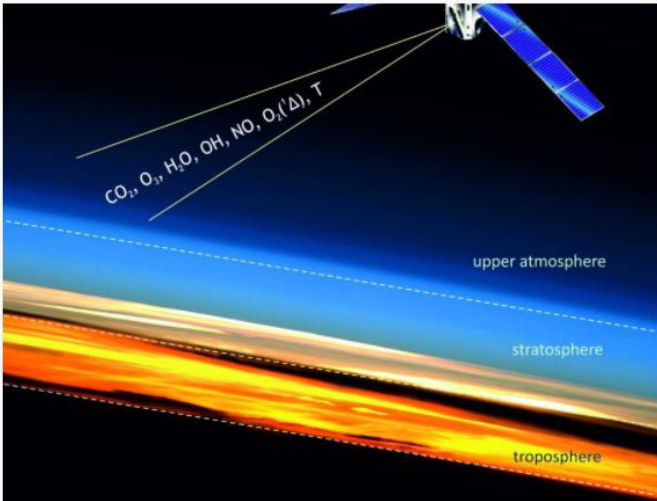
UN MISMO GAS, DIFERENTES EFECTOS

Los datos de SABER muestran un aumento en la concentración de CO₂ del 5% por década hasta una altura de ochenta kilómetros (estratosfera y mesosfera), una medida similar a la obtenida en la troposfera, y un aumento de hasta el 12% a unos ciento diez kilómetros (baja termosfera).

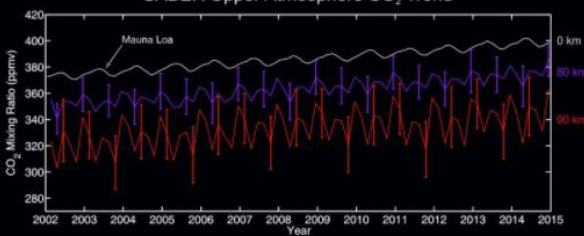
En la troposfera, la capa que abarca los primeros doce kilómetros de la atmósfera y donde se producen los fenómenos climáticos, el dióxido de carbono se comporta como un gas de efecto invernadero y su incremento produce un aumento de temperatura. Sin embargo, en las capas medias y altas la situación se invierte y el CO₂ produce un enfriamiento.

INSTITUTO DE ASTROFISICA DE ANDALUCIA, IAA-CSIC

ACTUALIDAD INVESTIGACIÓN TECNOLOGÍA INSTITUTO DIVULGACIÓN OBSERVATORIOS SITEMAP CONTACTO



upper atmosphere
stratosphere
troposphere



SABER Upper Atmosphere CO₂ Trend

CO₂ Mixing Ratio (ppmv)

Year

Mauna Loa

0 km
80 km
60 km

"Durante la última década se habían detectado enfriamientos apreciables de las capas altas de la atmósfera, de entre tres y cuatro grados por década, que eran atribuibles a un aumento de la concentración de CO₂, pero esta relación no había sido constatada. Las medidas de SABER de los últimos trece años confirman un aumento inequívoco del dióxido de carbono en la alta atmósfera que no depende de efectos naturales, como el ciclo solar de once años", señala López Puertas (IAA-CSIC).

El aumento del dióxido de carbono en estas capas atmosféricas produce un enfriamiento, lo que hace que se contraigan. Así, las capas altas de la atmósfera se hacen más tenues (menos densas), lo que podría alargar la vida media de los satélites artificiales de baja órbita al tener un menor frenado. Igualmente, esta contracción podría tener consecuencias adversas en el ya inestable equilibrio orbital de la basura espacial.

"Este resultado viene a poner nuevamente de manifiesto el carácter acoplado de la atmósfera terrestre. Las emisiones de CO₂ están produciendo un cambio en la temperatura de las distintas capas y en el equilibrio energético de la atmósfera que pueden alterar su propia estructura", concluye López Puertas (IAA-CSIC).

Referencia:
J. Yee et al. "Increasing carbon dioxide concentration in the upper atmosphere observed by SABER". *Geophysical Research Letters*. DOI: 10.1002/2015GL064696

Emisiones de gases de efecto invernadero por país y sector (infografía)

Sociedad - 07-03-2018 - 14:49



Consulte esta infografía para conocer las emisiones de gases de efecto invernadero por país y por sector en la UE, así como quiénes son los principales emisores mundiales.



Emisiones de gases de efecto invernadero.

El dióxido de carbono (CO₂) es el gas de [efecto invernadero](#) que suele expulsarse con más frecuencia a la atmósfera como consecuencia de distintas actividades humanas. Sin embargo, hay otros gases que aunque se emiten en cantidades más pequeñas tienen un efecto aún más nocivo porque absorben con más facilidad la radiación térmica que emite la superficie planetaria. Esa radiación es luego devuelta a la superficie y a la atmósfera, lo que provoca un incremento de la temperatura.

Emisiones de gases de efecto invernadero en la UE por sector* en 2017



*Todos los sectores, excepto el uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura



Fuente: Interfaz de datos de CMNUCC

Emisiones de gases de efecto invernadero en la UE por sector en 2017.

Emisiones de gases de efecto invernadero por sector en la UE

Según el quinto informe de evaluación del [Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático \(IPCC\)](#), es muy probable que las actividades humanas de los últimos 50 años hayan contribuido al calentamiento global. Estas actividades incluyen, por ejemplo, la quema de carbón, petróleo y gas, la deforestación y la agricultura.

El diagrama superior muestra las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE-28 en 2017 desglosadas en los principales sectores de origen. La energía es responsable del 80,7% de las emisiones de gases de efecto invernadero, mientras que el transporte de un tercio. Las emisiones de gases de efecto invernadero de la agricultura contribuyen con un 10,1%, los procesos industriales y el uso de productos con un 8,72% y la gestión de residuos con un 2,75%.

EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA UE Y EN EL MUNDO



Emisiones de gases de efecto invernadero en la UE y en el mundo.

Emisiones de gases de efecto invernadero por país en la UE y en el mundo

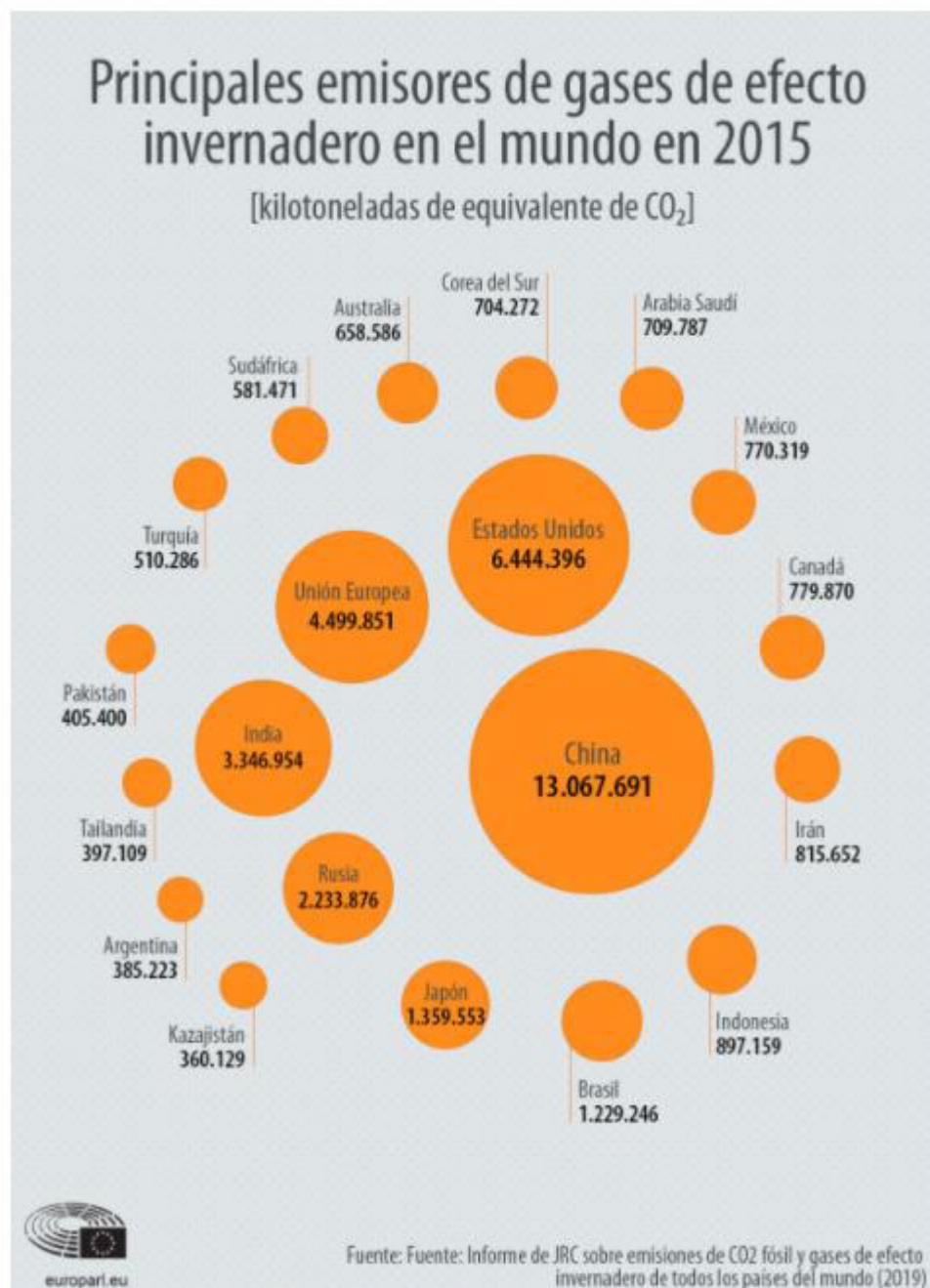
Emisiones de gases de efecto invernadero por país en la UE y en el mundo

Los gráficos superiores enumeran los países de la UE por emisiones totales de gases de efecto invernadero en 2017 y la infografía inferior muestra los principales emisores de gases de efecto invernadero en el mundo en 2015. La UE es el tercer mayor emisor detrás de China y Estados Unidos, seguido de India y Rusia.

Los gases de efecto invernadero permanecen en la atmósfera por períodos que van desde algunos años hasta miles de años. Tienen además un impacto mundial, sin importar dónde fueron emitidos por primera vez.

[Conozca los objetivos y acciones de la UE para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.](#)

[Los efectos del cambio climático en Europa \(Infografía\).](#)



Principales emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo en 2015.

Eje Ambiental

Figura. Huella Ecológica del DMQ 2011, por Parroquias

Elaboración: Equipo PMDOT. Fuente: MAE - DMQ-SA. Actualización de la Huella Ecológica del Distrito Metropolitano de Quito 2011. Quito, 2014.

2.2. Huella de carbono del DMQ

2.2.1. Huella de carbono del DMQ

En la determinación del impacto de las actividades del DMQ sobre el cambio climático en términos de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), con respecto a referentes de comparación, locales como internacionales, la Huella de Carbono –Herramienta estimada en base al Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emissions (GPC)⁴, además de establecer una línea base para la comparación en el tiempo, con el país, la región o el mundo, permite la propuesta de políticas y posibles medidas de reducción de emisiones de GEI y de eficiencia energética.

Se entiende como Huella de Carbono o Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la cantidad de GEI que son emitidos o liberados a la atmósfera debido a las actividades de una organización o ámbito geográfico determinado y que consecuentemente contribuyen al calentamiento global.

Estos gases cuya presencia en la atmósfera contribuye al efecto invernadero, son seis: dióxido de carbono más otros cinco gases en toneladas de CO₂ equivalentes.

- Dióxido de carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Óxido nitroso (N₂O)
- Hidrofluorocarbonos (HFC)
- Perfluorocarbonos (PFC)
- Hexafluoruro de azufre (SF₆)

Son los tres primeros, los que se han considerado en la estimación para el DMQ⁵, para cada una de las categorías de objetos de estudio, que para una ciudad son los sectores. En el caso del DMQ, se consideraron los siguientes:

- Sector residencial
- Sector industrial

⁴ Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emissions (GPC), ha sido preparado por C40 Cities Climate Leadership Group e ICLEI Local Governments for Sustainability, en colaboración con World Resources Institute, World Bank, UNEP, y UN-HABITAT.

⁵ Evaluación de la Huella de Carbono y Huella Hídrica del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). ANEXO 2: Descripción metodológica del Cálculo de la Huella de Carbono en el Distrito Municipal de Quito. Proyecto Huella de Ciudades financiado por el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) y Alianza Clima y Desarrollo (CDKN), facilitado por la Fundación Futuro Latinoamericano (FFLA) y ejecutado por Servicios Ambientales S.A. (SASA) conjuntamente con un equipo técnico del MDMQ.

- Sector comercial
- Sector transporte
- Sector residuos sólidos.

La estimación para el DMQ no incluye la cuantificación de emisiones por el uso de suelo ni las emisiones indirectas por el uso de transporte o unidades móviles entre ciudades o comunidades.

Se considera fuente de emisión de GEI a una unidad o proceso físico que libera o emite un GEI hacia la atmósfera (ISO 14064-1, 2006).

Para integrar los 3 gases en la estimación de GEI para El DMQ, en una sola unidad equivalente, se consideran los potenciales de calentamiento global, así se tiene para:

- Dióxido de Carbono (CO₂) PCG = 1
- Metano (CH₄) PCG = 25
- Óxido nitroso (N₂O) 298 PCG = 298

La integración estima la Emisión de GEI como el producto entre los Datos de la actividad generadora de Gases de Efecto Invernadero (GEI) multiplicados por el factor de emisión o remoción de GEI.

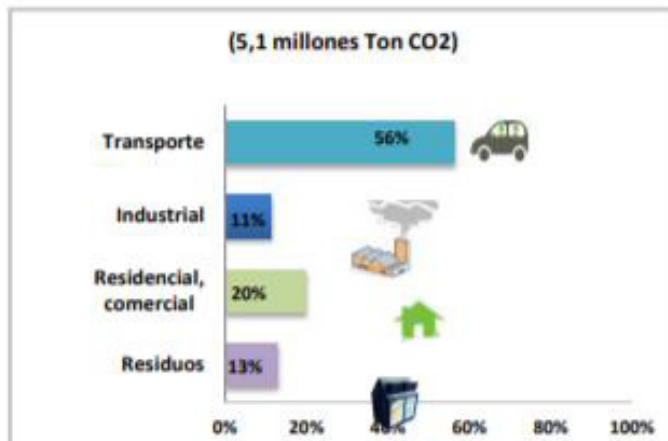


Figura. Contribución de los Sectores en la Huella de Carbono del DMQ 2011
Elaboración: Equipo PMDOT. Fuente: MDMQ-CAF-CDKN-FFLA / SASA, 2012 .

De los resultados obtenidos se tiene que la Huella de Carbono del DMQ en el 2011 fue 5.164.496 ton CO₂e, causada en 89% por las emisiones de Alcance 1 (consumo de gasolina en el sector transporte y el consumo de diésel en el sector transporte).

Petroecuador (en el caso de los combustibles) y la Empresa Eléctrica de Quito, son determinantes en el consumo de combustibles fósiles; en conjunto generaron 3.927.372 ton CO₂e que representa el 76% de la huella total.

2.2.2. Calidad del aire por indicadores específicos

Red de monitoreo de la calidad del aire

El MDMQ maneja a través de la Secretaría de Ambiente, una red de monitoreo de la calidad del aire para lo cual una dispone de una Unidad de Investigación Análisis y Monitoreo (IAM-Q), que realiza el control público, y el análisis de la calidad ambiental de las zonas patrimoniales y recopilación de los datos de la red de monitoreo ambiental.

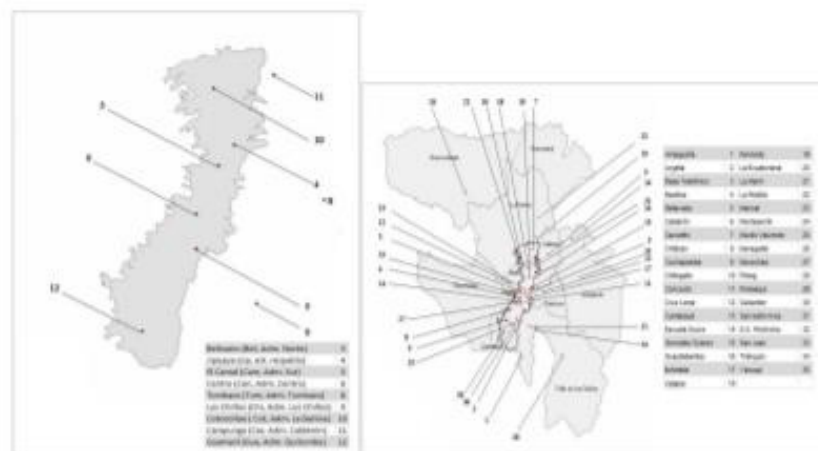


Figura. Ubicación de las Redes Automática y Manual Pasiva de Monitoreo en el DMQ

Fuente:

La Red Metropolitana de Monitoreo Ambiental REMMAQ cuenta con:

- Red Manual de Monitoreo Pasivo y Sedimento
- Redes de Monitoreo de Material Particulado y
- Red Metropolitana de Monitoreo de Recurso Hídrico

Dentro de Calidad de Aire se realizan los siguientes análisis: Dióxido de nitrógeno (NO₂), Dióxido de azufre (SO₂), Ozono (O₃), Benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos

Emissiones a la atmósfera (gases): CO, SO₂, NO_x, NO, NO₂, flujo, temperatura, oxígeno, material particulado PM₁₀, PM_{2.5}

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**Cálculo de la huella de carbono de vehículos
utilitarios mediante el análisis del ciclo de vida**

**Life cycle assessment of utility vehicles to
obtaining the carbon footprint**

Para acceder al Título de

**GRADUADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

Autor: Carlos Quintana Díez

09 - 2018

1. INTRODUCCIÓN

1.1 EL CONCEPTO DE CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático es una variación de los patrones meteorológicos cuando los estudiamos para un periodo de tiempo muy prolongado, el cual puede variar entre miles y millones de años.

La comunidad científica diferencia entre dos tipos, según el origen de las causas de estos cambios, el cambio climático natural, y el cambio climático antropogénico o derivado de las acciones humanas.

El cambio climático es algo que se lleva dando desde hace millones de años. El denominado "clima prehistórico" o "paleoclima", es estudiado para conocer en profundidad qué condiciones meteorológicas se daban en nuestro planeta hace millones de años.

La Tierra ha sufrido variaciones en su clima mucho antes de la aparición de la especie humana. Esta se ha calentado y enfriado, mediante agentes no dependientes de la acción humana, como son el vulcanismo, la actividad solar y las variaciones en la órbita de la Tierra, dando lugar a periodos de glaciación con un descenso global de la temperatura, seguidos de periodos más calurosos.

No es hasta la Revolución Industrial del siglo XVIII cuando el factor humano comienza a tener presencia en el cambio climático. El comienzo de la quema de combustibles fósiles a gran escala supuso una fuente de gases de efecto invernadero que nunca se había visto. A lo largo de toda la historia del planeta, las fuentes naturales de CO₂ se veían contrarrestadas con sumideros también naturales de este gas, principalmente los océanos, con lo que la cantidad total presente en la atmósfera no sufría grandes cambios.

En cambio, cuando el ser humano comienza a expulsar tales cantidades de gases a la atmósfera, los mecanismos naturales de absorción de CO₂ no son capaces de hacer frente a tanta cantidad y este se comienza a almacenar en la atmósfera.

No fue hasta finales del siglo XIX cuando la comunidad científica comenzó a sospechar del calentamiento del planeta, pero aún sin vincularlo a los humanos. Se comenzaron a investigar



las causas naturales, como las expuestas anteriormente, pero las causas humanas fueron cuestionadas.

Más tarde, durante la época de los 60, la comunidad científica comenzó a darle más peso al cambio climático. Diversos estudios realizados a partir de entonces revelaron que el aumento de la cantidad de CO₂ era mayor de lo que inicialmente se había predicho, al descubrir nuevos indicadores de su concentración en la atmósfera.

En los años 70 surgió el problema de los aerosoles, y las partículas en suspensión que estos producen. Se comenzó a considerar seriamente la implicación de las emisiones humanas en el cambio climático.

En la década de los 80 se investigaron otras moléculas que tenían el mismo efecto en la atmósfera que el CO₂, como los CFC y el metano. Estas moléculas tienen la característica de multiplicar el efecto realizado por el CO₂ con lo que una pequeña concentración en la atmósfera puede ser significativa. Gracias a la extracción de núcleos de hielo se confirmó la relación entre el aumento de la temperatura y la concentración de CO₂.

La consiguiente preocupación por el calentamiento global llevó a la firma el 11 de diciembre de 1997 del Protocolo de Kioto, un acuerdo firmado y ratificado por gran parte de países salvo por Estados Unidos que no llegó a ratificarlo. El objetivo del acuerdo era comprometerse a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para un período de años entre 2008 y 2012.

Debido a las necesidades actuales de emisiones, se decidió redactar otro acuerdo más actualizado que en el que los firmantes se comprometiesen a que el aumento de la temperatura global respecto a la época industrial no fuese mayor de 2 °C, y si fuese posible menos. El gran avance de este acuerdo fue englobar a un número mayor de países, aunque en algún caso como el de Estados Unidos, ya se han retirado.

En la actualidad se utiliza el denominado CO₂ equivalente. Es una manera de hallar la huella de carbono de la totalidad de emisiones de gases de efecto invernadero. Aunque el gas más abundante sea el CO₂ se debe considerar también el efecto realizado por otros gases de efecto invernadero. Para ello se utilizan unos coeficientes del Índice GWP (Global Warming Potential) en el cual se le otorga un determinado peso a cada gas de efecto invernadero. Se



utiliza como base el CO₂, su coeficiente es 1, y al resto un valor mayor en función de la radiación que puede absorber.

Tabla 1. Coeficientes GWP [24]

Gas efecto invernadero	Potencial GWP
CO ₂	1
CH ₄	25
N ₂ O	298
HFCs	124 – 14,800
PFCs	7,390 – 12,200
NF ₃	17,200
SF ₆	22,800

Así, al calcular la huella de carbono de cierto proceso en kg de CO₂ eq nos aseguramos de abarcar las emisiones de todos los gases emitidos.

El cálculo de la huella de carbono es una herramienta que nos permite hallar todas las emisiones de gases de efecto invernadero (también conocidos como GHG, "greenhouse gas") producidas por una organización o actividad. Permite a dichas organizaciones o individuos estudiar el impacto que tiene la realización de cierta actividad en el llamado efecto invernadero.

La huella de carbono permite conocer qué procesos producen una mayor cantidad de gases de efecto invernadero, un paso básico para poder proceder con su reducción

Es de especial interés por parte de las empresas en los últimos años, ya sea por la imagen medioambiental frente al consumidor, como por ser una forma de reducir la toxicidad en el medio de trabajo. Desde la firma del Protocolo de Kioto, los esfuerzos por reducir a nivel mundial las emisiones de gases de efecto invernadero han aumentado considerablemente. La sociedad comenzó a concienciarse de la necesidad de reducir estas emisiones, con la consiguiente obligación de las empresas de reducir sus emisiones con el fin de mejorar su imagen frente al consumidor. Se requería una herramienta capaz de determinar las emisiones totales de cierto proceso o producto y de cada parte de su ciclo de vida.



El proceso del cálculo de la huella de carbono tiene dos variantes, en función de la huella a obtener, pero ambos coinciden en que se realizan a través de métodos estándar internacionales.

- Para una organización los más utilizados son GHG protocol e ISO 14064-1.
- Para un producto o un servicio ISO/TS 14067:2013 y PAS 2050.

1.2 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN ESPAÑA

De la página del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y Medio Ambiente se pueden obtener las emisiones de GEI divididas por sectores para el año 2017:

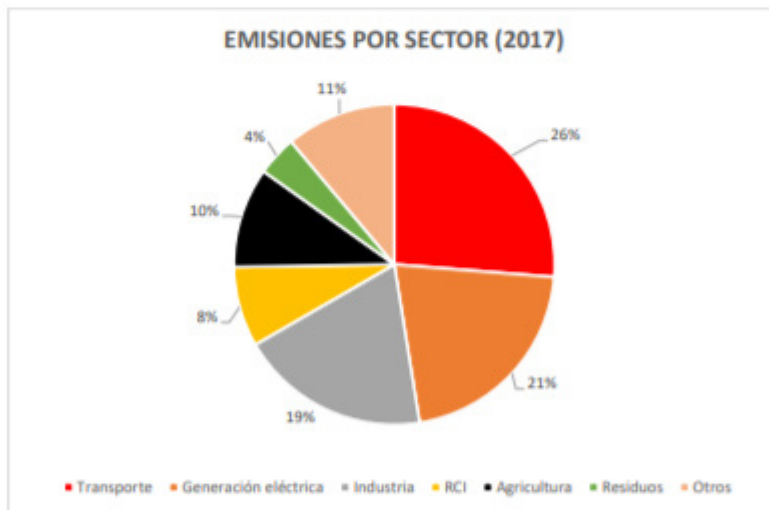
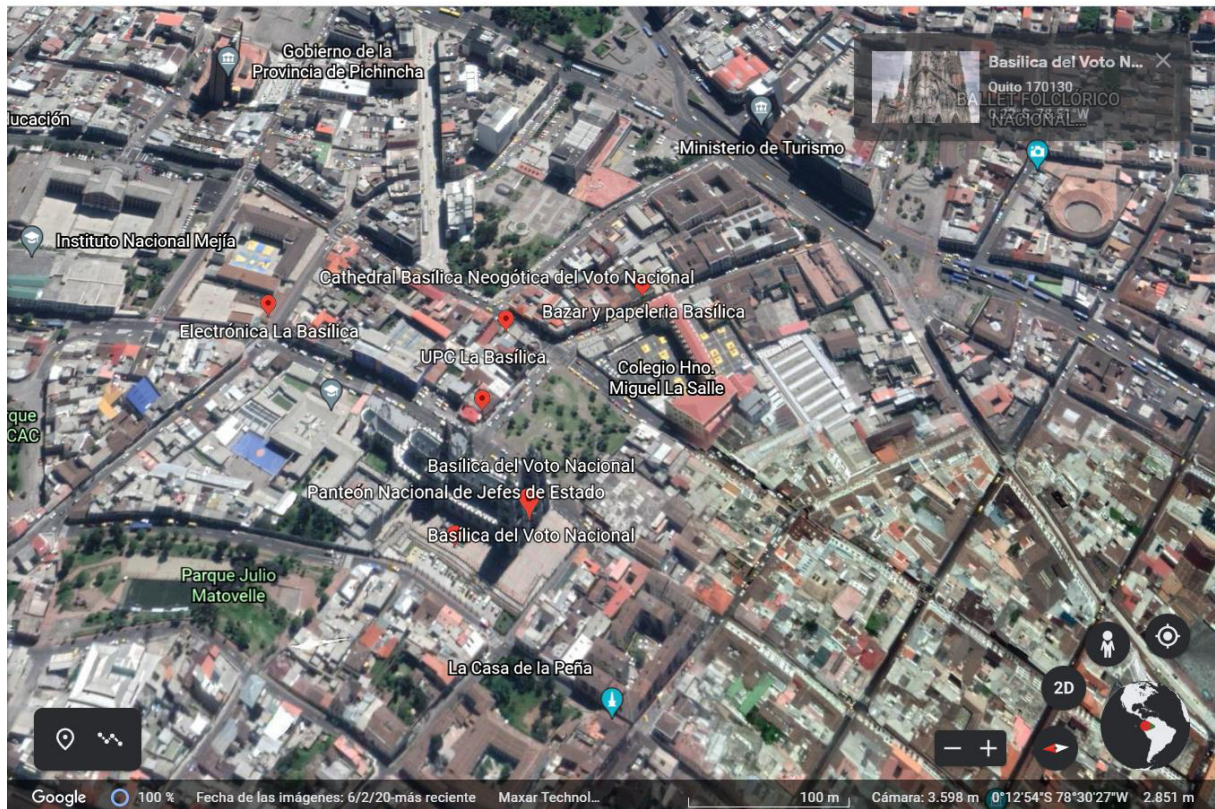


Figura 1. Emisiones anuales en España por sector

El sector del transporte está a la cabeza con un total de 88,088 millones de toneladas de CO₂ eq. Hay que tener en cuenta que estas emisiones solo abarcan las emisiones en el uso de los vehículos tanto coches, como tren avión y barco. De esta manera no se están teniendo en cuenta por ejemplo las emisiones indirectas derivadas del uso de un vehículo eléctrico, que durante su uso en carretera no

Anexo 14



Anexo 15

Study of a Gasoline Engine in Altitude Conditions with Mixtures containing Organic Additive in the Fuel

Juan C. Rocha-Hoyos¹

Luis E. Tipanluisa²

Víctor D. Zambrano³

Ángel A. Portilla⁴

¹Univ. Internacional SEK, Fac. de Arquitectura e Ingenierías, Casilla 17-03-02, Quito-Ecuador (e-mail: carlos.rocha@uisek.edu.ec)

²Escuela Politécnica Nacional, Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Invest. en Control de Emisiones Vehiculares, Casilla 17-01-2759, Quito-Ecuador (e-mail: luis.tipanluisa@epn.edu.ec)

³Univ. de las Fuerzas Armadas ESPE, Dpto. de Energía y Mecánica, Casilla 171-5- 231B, Sangolquí-Ecuador (e-mail: vdzambrano@espe.edu.ec)

⁴Escuela Politécnica Nacional, Fac. de Ingeniería Mecánica, Dpto. de Ingeniería Mecánica, Casilla 17-01-2759, Quito-Ecuador (e-mail: angel.portilla@epn.edu.ec)



RESUMEN

En este artículo, se evaluó el comportamiento del vehículo Volkswagen 1,8 L., en condiciones de gran altitud, a través de las emisiones de escape y la autonomía del vehículo. Se realizaron dos pruebas estáticas de emisiones y consumo de combustible en una ruta ciudad-autopista de 27,95 km en la ciudad de Quito-Ecuador a 2850 m sobre el nivel del mar. Se usó mezclas de gasolina de 87 octanos con aditivos organometálicos; el sólido a base de hierro y el aditivo líquido está compuesto de fósforo y calcio. El comportamiento con gasolina de 87 octanos era la línea de base de comparación. En emisiones estáticas a 900 rpm el aditivo sólido produce una disminución en la concentración de hidrocarburos no quemados y un aumento en el dióxido de carbono; En las emisiones estáticas a 2500 rpm, el aditivo líquido produce una disminución en la concentración de hidrocarburos no quemados y un aumento en el dióxido de carbono; La prueba de consumo de combustible en una ruta mixta ciudad-carretera muestra un incremento en el rendimiento del motor al aplicar los aditivos.

Palabras clave: aditivo orgánico; consumo de combustible; emisiones contaminantes; motor de encendido provocado; condiciones de altitud

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la problemática de la contaminación del aire ha sido de primordial interés, en el nivel local, regional y global, desde el punto de vista ambiental y de la salud humana. Hoy en día, Estados Unidos es una de las naciones más motorizadas, con 821 vehículos por cada 1000 personas en 2015 (OICA, 2018). El stock mundial de vehículos en carretera llegó a casi 1300 millones de vehículos en 2015 (Frey, 2018). A nivel mundial representan cerca del 19% del consumo global de energía y el 23% de las emisiones relativas de dióxido de carbono (CO₂) (Querol et al., 2001; Tinaut y López, 2013). En cuanto al consumo de la gasolina en el Ecuador, el sector transporte llegó al 75% en el 2015. Además, la relación de contaminación del sector transporte es el 41% del total del sector productivo que emite Gases de efecto Invernadero según el Balance Energético (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2016). De acuerdo a los análisis de la Organización Mundial de la Salud (OMS) 2012-2013, las ciudades del Ecuador sobrepasan los niveles internacionales de contaminación de 10 ug/m³ perjudiciales para la salud, Quito, Milagro y Santo Domingo tienen 18 ug/m³, 32 ug/m³ y 33 ug/m³ de material particulado 2,5 (PM_{2,5}) respectivamente (OMS, 2016; Rocha et al., 2017).

La principal característica del motor de encendido provocado (MEP), es que el inicio de la combustión se da por medio de una chispa eléctrica entre los dos electrodos de una bujía. El instante en el que se debe hacer saltar la chispa deberá ser el adecuado para obtener el proceso de combustión más eficiente (Benajes y Navarro, 2013; Mendoza et al., 2012). Las normas ambientales, han obligado a las empresas automotrices a desarrollar sistemas de combustión y postcombustión, más eficientes, y a las empresas petroleras a mejorar la calidad de sus combustibles para disminuir las emisiones (Lapuerta y Hernández, 2013; Tinaut y López, 2013). Los precursores de combustibles derivados de la biomasa a menudo tienen un alto contenido de oxígeno que se origina en los grupos hidroxilo, y éter. El oxígeno generalmente se elimina mediante un proceso de hidrogenación a través de la división de los enlaces C-O, pero sin división de los enlaces C-C. Se puede lograr utilizando catalizadores bifuncionales adecuados y condiciones de operación. Los catalizadores más frecuentemente estudiados para la hidrogenación de precursores de combustible han sido metales Pd, Pt, Ru, Ni y Cu y carburos metálicos soportados, y además, sobre carbón activado, sílice, sílice-alúmina, zeolitas, fosfato de zirconio y ácidos sólidos basados en niobio (Hronec et al., 2015).

Las emisiones y el consumo de combustible se han reducido significativamente en virtud de los esfuerzos en el diseño del motor. Sin embargo, es difícil alcanzar los estándares de emisión requeridos únicamente a través del diseño del motor (Celik, M., et al. 2015). El manganeso es un material atractivo como aditivo de combustible. Geng y Zhang evaluaron el metilciclopentadienil manganeso tricarbonilo (MMT) como aditivo de gasolina para mejorar el índice de octano y la resistencia al golpeteo del combustible. Los combustibles de prueba se prepararon mezclando MMT en un volumen de 8, 12 y 18 mg / l a gasolina. Los resultados de la prueba mostraron que las relaciones crecientes de la MMT causaban un aumento en la presión del cilindro y en las tasas máximas de liberación de calor. También se informó que las emisiones de CO, NO_x y PM aumentaron con el aumento del porcentaje de MMT (Geng y Zhang, 2015). Según Topgül (2015) en su estudio, presenta el aditivo para la gasolina al metilo terciario el butil éter (MTBE), un compuesto oxigenado bien conocido.

Los efectos de MTBE-mezclado combustibles con varias tasas de mezcla (0, 5, 10, 20 y 30% vol.) del rendimiento del motor y las emisiones de escape fueron investigados con un motor de inyección de combustible Ricardo / Hydra de un solo cilindro y encendido de chispa de cuatro tiempos. El resultado de las pruebas del motor indicó que el torque del motor era similar o cercano a la gasolina sin plomo (MTBE0) con porcentajes de MTBE de hasta 10%. Además, el MTBE combina una mejor eficiencia térmica de los frenos y un menor consumo de energía de los frenos. Con respecto a las emisiones de escape, las emisiones de CO y HC se redujeron con el aumento del contenido de MTBE en el combustible mezclado, pero las emisiones de HC no disminuyeron tanto como las emisiones de CO. Además, la concentración de NO aumentó para las mezclas de MTBE debido al enriquecimiento de oxígeno (Andrada et al., 2005). El incremento acelerado del parque automotor en el Ecuador, en especial en la ciudad de Quito, ocasiona el incremento de los gases contaminantes al medio ambiente. En los últimos años, el uso de aditivos se ha convertido en el punto focal de los estudios en este campo (Celik et al., 2015). En la presente investigación, se evalúa el comportamiento de dos aditivos orgánicos, uno de tipo sólido y otro de tipo líquido a través de las emisiones y el consumo de combustible de forma experimental, con la finalidad de validar su impacto en el ambiente, a una condición de altura mayor a los 2850 msnm.

METODOLOGÍA

La metodología se desarrolla en base a las siguientes características que son: combustibles evaluados, caracterización de emisiones contaminantes y consumo de combustible, además de los respectivos protocolos de pruebas en emisiones y consumo de combustible.

Evaluación de combustibles aplicados

En el presente estudio se evalúan las propiedades del combustible con y sin aditivos para caracterizar bajo la norma INEN 935:2012 y la ASTM D4814:2010. Los aditivos organometálicos se mezclan para que reaccionen con el combustible de 87 octanos, el aditivo sólido se compone de un total de 141038,09 mg/kg donde su componente relevante es el hierro con 98,5% y el 1,5% incluye los 28 metales restantes; el aditivo líquido se compone de un total 2082,92 mg/kg donde el 36% es fósforo, 21.33% calcio, 22% zinc, 8% hierro, 6% aluminio, y el 6% restante incluye los 25 metales, estos fueron procesados mediante el Método de Inducción de Plasma Acoplada de Masas (ICPM). La figura 1 se presenta todos los metales de cada aditivo.

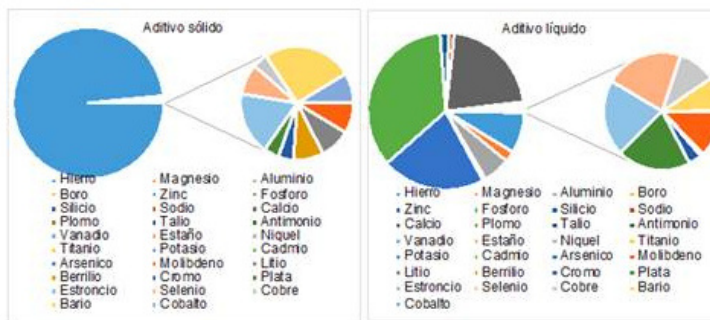


Fig. 1: Proporciones de aditivo organometálico sólido y líquido.

Las características de aplicación para el aditivo sólido denominado MPG-CAPS (Pastillas Ahorro Combustible) fueron 0,05 gramos por cada galón de combustible; mientras que el aditivo líquido denominado R-1 plus Premium fueron 12 mililitros por cada galón, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante del producto.

Caracterización de emisiones contaminantes y consumo de combustible

Se ha realizado una investigación de campo, de carácter exploratoria, en la cual se busca determinar la diferencia en el nivel de emisiones de gases contaminantes, en la combustión de un motor de Ciclo Otto, entre la gasolina de 87 y mezclas de gasolina de 87 octanos con los aditivos descritos. Para cada tipo de combustible, se ha efectuado cinco mediciones, la evaluación de las emisiones se realiza mediante la prueba de ralentí de dos velocidades TIS por sus siglas en inglés (Two-Speed Idle). La prueba TIS consiste en una prueba de las emisiones de escape del vehículo en ralentí y a 2500 rpm mientras el selector de marchas del vehículo esté en punto muerto o estacionado. Se evalúan cuatro parámetros fundamentales que son hidrocarburos no combustiónados HC (ppm), monóxido de carbono CO (%V), dióxido de carbono CO₂ (%V) y oxígeno O₂ (%V), más la relación lambda; en un vehículo Volkswagen con motor 1,8 L, en la ciudad de Quito a una altura de 2850 m. El combustible es alimentado al motor desde un recipiente externo presurizado similar al del motor (344,74 kPa), las pruebas se realizaron en el Laboratorio del CCICEV de la Escuela Politécnica Nacional, en la tabla 1 se presenta las condiciones atmosféricas promedio de la ciudad ([Tipanluisa et al., 2017](#)).

Tabla 1: Condiciones atmosféricas de la ciudad de Quito

Ciudad	Condición Atmosférica				
	Presión atm.	Temperatura	Humedad	Altura	Viento
Quito	72852 Pa	15 °C	60 %	2850 m	16 km/h

Equipos utilizados en evaluación de emisiones

Se utilizó un vehículo Volkswagen con cilindrada 1,8 L., de inyección electrónica año 2009, con 105.344 km de recorrido, en la tabla 2 se describen las características del motor del vehículo. Previo a las pruebas experimentales, al vehículo se realizó el mantenimiento preventivo esto consistió en cambio de aceite, cambio filtros de combustible, limpieza de inyectores y cambio de micro filtro; cambio de cables de bujías y bujías del sistema de encendido. El vehículo considerado es de frecuente uso en la zona montañosa de Ecuador por la variabilidad geográfica y vías de tercer orden, además la marca se posiciona dentro de las 10 marcas más vendidas del parque automotor nacional siendo influyente en el estudio (AEADE, 2015), respecto a su cilindrada es el promedio de motorizaciones para este tipo de vehículos, además posee catalizador exigido para reducir los gases contaminantes. Para la medición de las emisiones se utiliza un analizador de gases MAHA MGT-5 con modulo fijo de control, los rango de medición se visualizan en la tabla 3 (Maha, 2016).

Tabla 2 : Características principales del motor

Modelo:	Saveiro, Pick up
Tipo:	16 válvulas, 4 cilindros en línea, DOHC
Cilindrada:	1781 cm ³
Potencia:	73 kW @ 5250 rpm
Torque:	152 Nm. @ 3000 rpm
Relación de compresión:	9,1:1

Tabla 3 : Rangos de medición del analizador de gases MAHA MGT-5 (Adaptada de MAHA, 2016)






Gases analizables	CO	CO ₂	HC	O ₂
Rango de medición	0 - 15,00 Vol. %	0 - 20,0 Vol. %	0 - 2000 ppm (Hexano) 0 - 4000 ppm (Propano)	0 - 25,00 Vol. %
Precisión de medida	0,06 Vol. %	0,5 Vol. %	12 ppm vol.	0,1 Vol. %
Principio de medida	Infrarrojo	Infrarrojo	Infrarrojo	Electro-químico
Resolución valores de medida	0,001 Vol. %	0,01 Vol. %	0,1 ppm vol.	0,01 Vol. %


En la figura 2, se visualiza el recipiente externo presurizado, consta de una bomba manual con la que presuriza el sistema de combustible del vehículo, en este caso 344,74 kPa y así garantizar el flujo constante de combustible; su presión es revisada en cada prueba. Después del cambio de combustible el vehículo permanece encendido durante 5 minutos, acelerándolo a 4000 rpm para procurar consumir cualquier residuo del combustible de distinta mezcla.


Efectos de la altitud sobre la combustión


Effects of altitude in the combustion






Efeitos da altitude sobre a combustão

-  Artículo en XML
-  Referencias del artículo
-  Como citar este artículo
-  Traducción automática
-  Enviar artículo por email

Indicadores 

Links relacionados 

Bookmark 

    |  Otros

Carlos Velasco Hurtado
Carrera de Ingeniería Metalúrgica, Universidad Técnica de Oruro cvelascohu@yahoo.es
Javier Velasco Villarroel
Postgrado de Física, Universidad Mayor de San Andrés

Resumen

Los procesos de combustión se ven afectados por la altitud donde se desarrollan. La altitud sobre el nivel del mar ejerce efectos tanto sobre la presión y temperatura atmosféricas, así como sobre la concentración de oxígeno en el aire y la composición de éste, ocasionando una afectación del proceso de combustión con relación al que se realiza en condiciones de presión normal.

En el trabajo se estudia el efecto de la altitud sobre las propiedades del aire, y como éstas influyen sobre los parámetros de combustión como: la temperatura de llama, el factor de utilización de combustible, la velocidad de combustión y sus consecuencias sobre la velocidad de deflagración y la potencia térmica de la combustión.

Palabras clave: Combustión, altitud, exceso de aire, composición del aire, temperatura de llama, potencia térmica.

La combustión es una reacción química de oxidación de las sustancias combustibles, que se desarrolla con bastante velocidad, desprendimiento de energía, luz y productos gaseosos de reacción.

La energía generada por la combustión, puede ser utilizada para la generación de calor ó la generación de movimiento, como se indica en la siguiente figura.

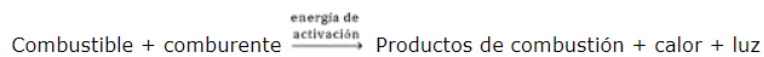


Figura 1. Usos de los combustibles.

Para que suceda la combustión, se requiere que simultáneamente se tengan las siguientes condiciones:

- El combustible.
- El comburente (generalmente es el oxígeno del aire).
- La energía de activación necesaria para iniciar el proceso.
- Las condiciones que hagan posible las reacciones químicas intermedias del proceso.

La combustión se puede representar de manera general por la reacción:



El proceso de combustión puede ser considerado como el resultado de un gran número de pequeñas explosiones que suceden por la interacción de cada molécula de combustible con el oxígeno. Cada una de estas explosiones descarga una pequeña cantidad de calor; la suma de estas pequeñas explosiones es lo que da lugar a la aparición de la llama.

La importancia de estudiar el efecto de la altitud sobre los parámetros característicos de la combustión, radica en que permite definir criterios que sean apropiados para el diseño de quemadores, intercambiabilidad de combustibles, seguridad de la combustión, eficiencia en el uso de combustibles, etc., para regiones situadas en ..

5. Conclusiones

El trabajo presenta un estudio del efecto de la altitud sobre el proceso de combustión con fines de producir calor, y en el se han tomado en cuenta las variaciones de presión, de temperatura, y de composición del aire.

La altitud sobre el nivel del mar ejerce efectos tanto sobre la presión y temperatura atmosféricas, así como sobre la concentración de oxígeno en el aire y la composición de éste.

La composición del aire afecta a la relación estequiométrica aire/combustible, y como consecuencia, al volumen de los gases de combustión producidos, lo que se manifiesta en una disminución de la temperatura adiabática de llama y el factor de utilización del combustible cuando la combustión se realiza en localidades situadas en altura sobre el nivel del mar, con referencia a las combustiones en condiciones de presión normal.

La disminución de la presión atmosférica con la altitud, disminuye la concentración de los gases reaccionantes, lo que ocasiona que la reacción de combustión sea más lenta en comparación con la que se tiene a presión normal, y por lo tanto el flujo de energía desde el quemador hacia el medio circundante sea también menor.

Debido a la reducción de la densidad de la mezcla aire/combustible con la presión atmosférica, la potencia térmica de los quemadores atmosféricos se reduce.

Puesto que existe una menor disponibilidad de oxígeno a medida que aumenta la altitud, la combustión se hace más lenta y la llama es más fría, y se pueden alcanzar límites críticos de emisiones de monóxido de carbono.

Otros tipos de problemas tienen que ver con la inestabilidad de la llama, dificultades de ignición y pérdidas de propiedades radiantes.

La menor disponibilidad de oxígeno en lugares de altura aumentará la presencia de inquemados y productos de combustión incompleta si no se toman medidas que aseguren un buen contacto aire/combustible, una cantidad suficiente de oxígeno para la combustión y el desarrollo de una combustión estable.

Si bien la composición del aire varía con la altitud, su efecto sobre los parámetros de la combustión es menor que el efecto que tienen la variación de la concentración de oxígeno con la altitud o el exceso de aire; por lo que no se comete un error apreciable si se considera que la composición del aire se mantiene constante para alturas sobre el nivel del mar menores a 4,000 metros, con 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

**ESTUDIO DE LAS EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES EN FUNCIÓN
DE LA ALTURA EN LA ZONA NORTE DEL ECUADOR.**

Barrera Echeverría Josué David

Estudiante egresado de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

UIDE, Quito, Ecuador

Email: barrerajosue953@gmail.com.com

Escobar Cárdenas Pablo Gerardo

Estudiante egresado de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

UIDE, Quito, Ecuador

Email: pablotmdonic@hotmail.com

Navas Sánchez Juan Carlos

Estudiante egresado de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

UIDE, Quito, Ecuador

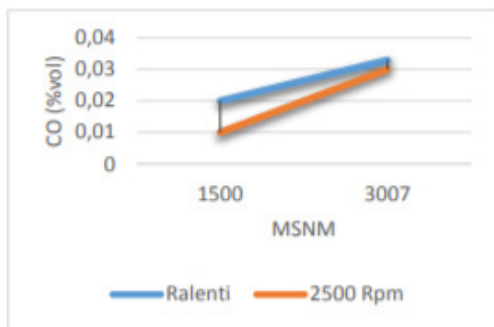
Email: jc_navas@hotmail.com

4.3 Análisis

4.3.1 Análisis de Monóxido de Carbono en Relación a la Altitud.

El monóxido de carbono se produce siempre que la combustión es incompleta, o cuando las proporciones de aire-combustibles son bajas, en la figura N°1 se muestra el comportamiento de las emisiones en función de la altitud.

Figura 1 CO% vs Altitud



Fuente: Autores (2018)

Como se aprecia en la figura N°1 la tendencia de la emisión del CO es aumentar tanto en ralentí como marcha mínima en función a la altura y rpm.

Por lo que se determina que la variación del CO es significativa, este prolifera en un 66% cada 500 metros de altitud, tomando como base la altura de 1500 msnm a 3007 msnm, se observa que el

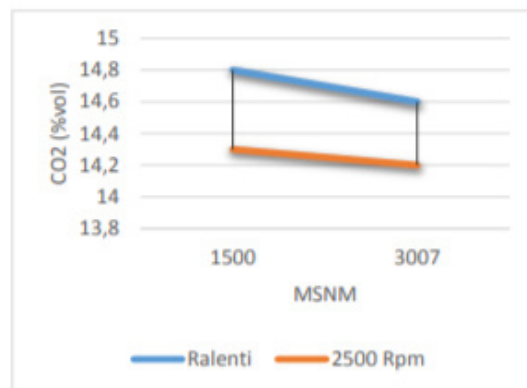
CO a mayor altitud tiene una mayor emisión.

Considerando el estudio realizado por Ing. Ángel Portilla el cual concluye el crecimiento constante del 10% de emisiones hasta los 1500 m.s.n.m. y superada esta altura existe un crecimiento del 60% cada 500 metros de altitud los 3000 m.s.n.m.

4.3.2- Análisis de Dióxido de Carbono en Relación a la Altitud

El Dióxido de carbono es un excelente indicador de la eficiencia del motor y su nivel es más alto cuando este funciona correctamente, en la figura N°2 se observa este comportamiento con la altitud.

Figura 2 CO₂ vs Altitud



Fuente: Autores (2018)

El valor óptimo de CO₂ porcentual se ubica entre el 12-15%, como se observa en la figura N°2 existe una variación mínima del 14,2% hasta 14,8% lo cual indica que el CO₂ tiene un decrecimiento del 2% cada 1500(msnm).

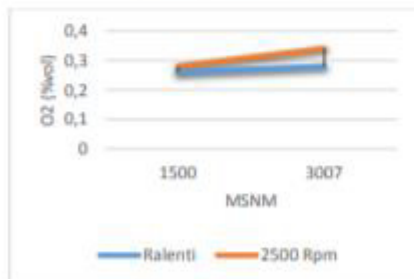
El régimen de giro y la altitud inciden en la variable de respuesta de CO₂, de acuerdo a las condiciones experimentales.

Se define que a la altitud de 3007 msnm el CO₂ es menor en porcentaje, cuando el automotor se localiza a 1500msnm. Cuando la combustión es perfecta la mayor parte es CO₂ y a medida que va siendo incompleta la combustión va disminuyendo el CO₂ y aumentando el CO y HC.

4.3.3 Análisis de Oxígeno en Relación a la Altitud

Al disminuir las emisiones de CO₂ con la altitud, se tiene como consecuencia este comportamiento, existe un incremento de las emisiones de O₂, este se intensifica en un 40% cada 500(msnm), como se muestra en la figura N°3

Figura 3 O₂% vs Altitud



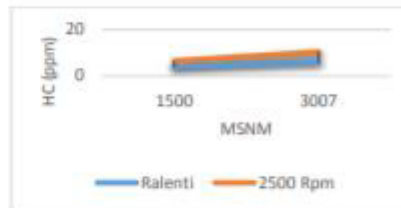
Fuente: Autores (2018)

La relación lambda menciona que los valores inferiores a 1, por ejemplo 0,8

4.3.4 Análisis Partículas por Millón de HC en Relación a la altura

En la figura N°4 se contempla como la emisión de los HC, tiene un agravamiento en función a la altura tanto en ralenti como 2500 rpm, al igual que a mayor régimen de giro del motor de combustión interna. Aumentando en un 50% cada 500(msnm) contribuyendo a la formación de ozono a baja altitud.

Figura 4 HC vs Altitud



Fuente: Autores (2018)

Por lo que se especifica que a mayor elevación (3007msnm) incrementa la emisión de HC, al coexistir una mezcla aire-combustible insuficiente en el motor del vehículo.

Haciendo mención a los resultados de la investigación del Ing. Ángel Portilla que la influencia de la altura sobre las emisiones de hidrocarburos no combustionados, tanto en marcha mínima como a 2500 rpm estas se incrementan siendo mayor el valor de rpm que el de ralenti. [7]

indica escasez de aire por lo que la mezcla resulta rica a mayor altura.

5. CONCLUSIONES:

Se concluye que el CO prolifera según la altitud en un porcentaje del 66% cada 500(msnm) efecto de la combustión deficiente del carburante, el CO₂ tiene un decrecimiento del 2% cada 1500(msnm), el O₂ se intensifica en un 40% cada 500(msnm), por lo tanto, las emisiones gaseosas se ven afectadas con la altitud.

Considerando como referencia los datos obtenidos sobre las emisiones de los HC (Hidrocarburos) aumenta un 50% cada 500 m de altura, producto de la variación de la presión atmosférica, afectando directamente en la ingesta de oxígeno al momento de la combustión, incrementando la emisión de este gas dañino.

Ya que las pruebas fueron establecidas para un determinado modelo de vehículo con recorrido bajo de kilometraje, se recomienda que se ejecuten pruebas con una muestra mayor de vehículos con diversos kilometrajes de recorrido.

Se recomienda utilizar esta metodología con combustibles de distinto octanaje (Extra y Super) para verificar la influencia de este, en la calidad de la combustión a diferentes altitudes, verificando la importancia de utilizar un combustible con el adecuado octanaje.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. [Petro, S., Robledo, C. Cálculo Preliminar de Factores de Emisión para Tráfico Vehicular en la Ciudad de Medellín: Aplicación del Programa US-EPA Mobile5. Tesis de Pregrado. U.P.B, 2000.]
2. [Álvarez, J., Santander, M. Evaluación de las Emisiones Provenientes de Fuentes Móviles en la Ciudad de Medellín. Tesis de Pregrado, U.P.B, 1997.]
3. [Eggleston, H., Gorissen, N., Jourmard, R., Rijkeboer, R., Samaras, Z., Zierock, K. Methodology and Emission Factors. v.I.Group CORINAIR, Luxemburgo, 1989.]
4. [Secretaría de Transportes y Tránsito, Secretaría de Obras Públicas, Planeación



EL PETRÓLEO Y LA ENERGÍA EN LA ECONOMÍA

Los efectos económicos
del encarecimiento del petróleo
en la economía vasca

INTRODUCCIÓN

Es 1712; probablemente marzo, en Staffordshire, el mayor yacimiento de carbón de Inglaterra, Thomas Newcomen, presenta su «máquina de vapor». Hasta entonces el carbón, la leña y otros combustibles no eran más que fuentes de calor: su energía química se convertía, a través de la combustión, en energía calorífica empleada sobre todo para cocinar o calentar. Pero la máquina de Newcomen llevó el proceso un paso más lejos, la de convertir la energía calorífica de la combustión en energía física, o extracción mecánica; conseguía con carbón aquello que hombres, caballos y bueyes hacían de forma natural con calorías, pero de un modo mucho más eficiente y sin limitaciones aparentes.

Durante el siglo que siguió a la demostración de Newcomen, el mundo se configuró por medio de la energía que proporcionaba un suministro cada vez mayor de carbón; durante el siglo XIX, el carbón y la fuerza que suministraba transformaron la actividad económica y la sociedad occidental al aumentar la productividad y la riqueza y acelerar el paso de la agricultura a la industria¹. Las posibilidades de la máquina de vapor alimentada con carbón parecían ilimitadas. Liberado de las tradicionales limitaciones del músculo animal, el viento y el agua, el hombre se aproximaba al borde de una riqueza y un progreso material sin límites... siempre y cuando pudiera seguir extrayendo carbón. Desde el momento en que los humanos trataron de controlar su entorno, el éxito y el progreso material han estado estrechamente vinculados a la capacidad de encontrar y explotar fuentes de energía más grandes, concentradas, accesibles y eficientes. Energía, crecimiento económico y desarrollo mantienen, pues, una estrecha simbiosis; prueba de ello es que desde el comienzo del siglo XIX la producción y la demanda energética han experimentado un crecimiento muy rápido, sin precedentes en la historia de la humanidad. Se estima que el consumo alcanzado en 1975 era 30 veces superior al de 1875. Sin embargo, en el último cuarto de siglo XX el crecimiento de la demanda se ha frenado bastante, debido en gran medida al efecto ahorrador e innovador que tuvieron la crisis energética y económica de los años setenta y ochenta, y el incremento ha sido sólo de un 50%.

¹ Primero en la minería, luego en la industria textil y finalmente en los transportes, los rápidos avances en el dominio de la energía permitieron a la gente producir más artículos de un modo más rápido y eficiente y transportarlos a clientes más alejados y a un coste inferior de lo que jamás se había concebido.

En los albores del siglo XX, el carbón dio lugar a un nuevo tipo de orden económico y se convirtió en algo imprescindible para cualquier persona, negocio o país. Este nuevo orden había engendrado un poderoso sistema de actividades productivas y redes de distribución, en el marco de una febril dinámica de oferta y demanda. Incluía un modelo de negocio empresarial adaptado a economías de gran escala, una estructura financiera para gestionar las necesidades de grandes capitales y relaciones políticas de alto nivel para proteger esas inversiones. En torno al nuevo orden energético basado en el carbón había surgido una cultura de consumo de energía y una conciencia social y política del papel crucial que la energía jugaba en la mejora de las condiciones de vida, el aumento de la riqueza, el éxito y el poder internacional de una nación. Así pues, el carbón ocupó a lo largo del siglo XIX y primer tercio del XX una posición preeminente en el mundo industrializado, sólo de lejos amenazada por el petróleo, cuyo uso ya había progresado bastante en los Estados Unidos en los decenios anteriores a la Primera Guerra Mundial.

Sin embargo, la llegada del motor de combustión interna alimentado con gasolina selló finalmente la supremacía del petróleo sobre el carbón. En 1913, más de un millón de coches y camiones circulaban por Estados Unidos y Europa, y la mayoría de ellos funcionaban con gasolina o gasoil. Con la llegada de los automóviles, el petróleo adquirió un verdadero monopolio. Mientras que las generaciones precedentes habían podido elegir entre carbón, petróleo e incluso leña como combustible para el transporte, en la era del automóvil la decisión ya había sido tomada: el motor de combustión interna funcionaba con combustibles basados en el petróleo. El motor impulsado por petróleo transformó por completo la vida moderna. La popularidad del automóvil hizo posible multitud de nuevos estilos de vida y formas sociales, entre ellos los viajes cotidianos, la vida en las afueras, las familias geográficamente dispersas, las vacaciones en coche, y hasta la vida sedentaria en coches adaptados («moving-homes» norteamericanas).

Una transformación más profunda tenía lugar en el ámbito comercial. El sector de los transportes no sólo se llevaba ahora una buena parte de la economía nacional en Estados Unidos y Europa (la industria automovilística estadounidense llegaría a representar una séptima parte del Producto Nacional Bruto), sino que además, de forma más significativa, los nuevos medios de transporte alimentados con petróleo —los barcos, los trenes, los aviones y sobre todo coches, camiones y autobuses— eran esenciales para la nueva economía global. Con transportes más baratos y fiables, las empresas podían trasladarse cada vez más lejos y más rápido, llegando a más clientes, repartiendo más productos, explotando más mercados y respondiendo a la competencia, localizándose y deslocalizándose mucho más deprisa que antes; dicho de otro modo, con el petróleo las empresas podían triunfar en una

economía que favorecía la velocidad, la flexibilidad y por encima de todo un desarrollo incesante

Bastará con los siguientes ejemplos para entender por qué el petróleo domina los mercados:

- El 80-95% de todo el transporte funciona con productos petrolíferos
- El 50-75% de todo el petróleo se usa para el transporte
- Todos los productos petroquímicos se hacen con petróleo
- El 99% de todos los lubricantes se hacen con productos petrolíferos
- El 95% de todos los bienes en las tiendas llegan allí utilizando petróleo
- El 99% de nuestra comida está relacionada con el petróleo o el gas para los fertilizantes, química, labrado y cultivo de la tierra y distribución
- El petróleo es la fuente más importante de energía primaria del planeta y representa el 36,4% de toda la energía

Nuestro planeta consume actualmente 1.000 millones de barriles cada 12 días, y eso suma 30.000 millones de barriles al año, el equivalente a un yacimiento gigante. Una conversión en litros resulta aún más impresionante. Un barril de petróleo equivale a 159 litros y consumimos cada día 84 millones de barriles; o lo que es igual, 12.000 millones de litros diarios. Hace menos de 50 años, las 3/4 partes de la energía del mundo procedían aún del carbón; a partir de entonces el petróleo toma un fuerte impulso para superar al carbón como fuente de energía, exactamente, en 1967. Actualmente, representa él solo el 35% de todo el presupuesto energético mundial.

En los últimos años hemos vivido una escalada en los precios del petróleo que no se recordaba desde las crisis de los setenta. La opinión más extendida entre los analistas es que esta escalada es, a diferencia de las de las crisis anteriores, de carácter estructural, debida a un desajuste pronunciado y tendencial entre oferta y demanda, y, que de persistir, augura una crisis petrolera de larga duración.

Tanto la guerra de Irak —la guerra de los tres billones de dólares, según el premio Nobel Stiglitz— (justo antes de la invasión, el precio era aproximadamente de 30 dólares el barril; durante los tres años sucesivos, subió a más del doble); como la fuerte demanda de China, India y otras economías emergentes; o las escasas inversiones en la exploración y extracción de reservas de crudo e instalaciones de refino durante los dos decenios últimos; o las interrupciones del suministro en países productores políticamente inestables, como Nigeria o Irán o distribuidores como Ucrania y Georgia; o el miedo a atentados terroristas en gasoductos, oleoductos y otras infraestructuras (sobre todo en Arabia Saudí), o la fuerte depreciación del dólar con respecto al euro concomitante con una especulación sin precedentes en los mercados de derivados financieros del petróleo (el llamado «petróleo de papel») son razones y

Los productos petrolíferos suponen el 39,1% del consumo de energía final en 2006. Le siguen la electricidad (28,9%), el gas (22,3%) y, a considerable distancia, las energías renovables (4,0%). Entre los productos petrolíferos, el gasóleo y la gasolina son los más consumidos, debido a la fuerte demanda del sector del transporte, que representa aproximadamente el 80% del consumo final de derivados del petróleo. De esta forma, el consumo de gasóleo y gasolina supone más del 30% del consumo final de energía en la CAPV.

En 2006, el sector industrial vasco es el responsable del 45,8% del consumo energético final total, porcentaje superior a la media estatal y europea, consecuencia de la implantación de una industria energéticamente intensiva en la CAPV. Sin embargo, aunque el sector industrial sigue siendo el que mayor peso tiene en el consumo final, su participación ha disminuido de forma notable en el periodo 1991-2006, pasando del 59,9% al 46%. Destaca el alto grado de gasificación alcanzado en el sector industrial, que supone el 41% del consumo final del sector, seguido de la energía eléctrica con un 39%.

El consumo final de energía del sector industrial presenta dos etapas diferentes: desde comienzos de la década de los noventa hasta 1997, caracterizada por una continua disminución, debido a la influencia que tuvo la desaparición de la siderurgia integral vasca y, desde entonces, con un moderado incremento del consumo energético, a pesar del importante crecimiento de la actividad industrial experimentado en la CAPV, fruto del aumento de la eficiencia energética en los procesos industriales.

El sector del transporte en 2006 alcanza un consumo energético de 1.867 ktep, lo que supone el 33,3% del consumo final. En los últimos 15 años el consumo del sector de transporte se ha incrementado en un 96%, fruto, principalmente, del crecimiento del transporte por carretera tanto de personas como de mercancías.

Anexo 19

Componentes

La gasolina se obtiene del petróleo en una **refinería**. En general se obtiene a partir de la **nafta de destilación directa**, que es la fracción líquida más ligera del **petróleo** (exceptuando los gases). La nafta también se obtiene a partir de la conversión de fracciones pesadas del petróleo (gasoil de vacío) en unidades de proceso denominadas FCC (craqueo catalítico fluidizado) o hidrocráquer. La gasolina es una mezcla de cientos de hidrocarburos individuales desde C4 (butanos y butenos) hasta C11 como, por ejemplo, el metilnaftaleno.

Gasolina de Destilación Directa: Ausencia de hidrocarburos no saturados, de moléculas complejas aromáticas- nafténicas. El contenido aromático se encuentra entre 10-20%.

Características

Deben cumplirse una serie de especificaciones requeridas para que el motor funcione bien y otras de tipo ambiental, ambas reguladas por ley en la mayoría de los países. La especificación más característica es el **índice de octano** (**MON**, "*motor octane number*", **RON** "*research octane number*" o el promedio de los anteriores), que indica su resistencia que presenta el combustible a detonar.

En España, en 2008, se comercializaban dos tipos de Gasolina sin Plomo de diferente octanaje cada una denominadas **Sin Plomo 95** y **Sin Plomo 98**, aunque las petroleras realizaban distintas modificaciones en su composición para mejorar el rendimiento, y ofrecer productos ligeramente distintos que la competencia. Sus precios, en febrero de 2008, rondaban los 1'10 €/litro para Sin Plomo 95 y el 1'20 €/litro para Sin Plomo 98, según la petrolera.

Índice de Octano

Artículo principal: Octanaje

El octanaje indica la presión y temperatura a que puede ser sometido un combustible carburado (mezclado con aire) antes de auto-detonarse al alcanzar su **temperatura de autoignición** debido a la **Ley de los gases ideales**. Hay distintos tipos de gasolinas comerciales, clasificadas en función de su número de octano. La gasolina más vendida en Europa (2004) tiene un MON mínimo de 85 y un RON mínimo de 90

Composiciones químicas

Normalmente se considera nafta a la fracción del petróleo cuyo punto de ebullición se encuentra aproximadamente entre 28 y 177 °C (umbral que varía en función de las necesidades comerciales de la refinería). A su vez, este subproducto se subdivide en nafta ligera (hasta unos 100 °C) y nafta pesada (el resto). La nafta ligera es uno de los componentes de la gasolina, con unos números de octano en torno a 70. La nafta pesada no tiene la calidad suficiente como para ser utilizada para ese fin, y su destino es la transformación mediante reformado catalítico, proceso químico por el cual se obtiene también hidrógeno, a la vez que se aumenta el octanaje de dicha nafta.

Además de la nafta reformada y la nafta ligera, otros componentes que se usan en la formulación de una gasolina comercial son la nafta de FCC, la nafta ligera isomerizada, la gasolina de pirólisis desbencenizada, butano, butenos, MTBE, ETBE, alquilato y etanol. Las fórmulas de cada refinería suelen ser distintas (incluso perteneciendo a las mismas compañías), en función de las unidades de proceso de que dispongan y según sea verano o invierno.

La nafta ligera isomerizada (isomerato) se obtiene a partir de la nafta ligera de destilación directa, mediante un proceso que usa catalizadores sólidos en base platino/aluminio o zeolíticos. Es un componente libre de azufre, benceno, aromáticos y olefinas, con unos números de octano (MON/RON) en torno a 87/89.

La gasolina de pirólisis desbencenizada se obtiene como subproducto de la fabricación de etileno a partir de nafta ligera. Está compuesta aproximadamente por un 50% de aromáticos (tolueno y xilenos) y un 50% de olefinas (isobuteno, hexenos). Tiene en torno a 200 ppm de azufre. El benceno que contiene en origen suele ser purificado y vendido como materia prima petroquímica. Sus números de octano (MON/RON) están en torno a 85/105.

El alquilato se obtiene a partir de isobutano y butenos, mediante un proceso que usa catalizadores ácidos (bien ácido sulfúrico bien ácido fluorhídrico). Tampoco tiene azufre, benceno, aromáticos ni olefinas. Sus números de octano (MON/RON) están en torno a 94/95.

Gasolina con plomo

A partir de los años 20 y como consecuencia de los mayores requerimientos de los motores de explosión, derivados del aumento de compresión para mejorar su rendimiento, se inicia el uso de compuestos para **aumentar su octanaje** a base de **plomo** (Pb) y **manganeso** (Mn) en las gasolinas. El uso de antidetonantes a base de plomo y manganeso en las gasolinas obedece principalmente a que no hay forma más barata de incrementar el octanaje en las gasolinas que usando compuestos de ellos (Tetraetilo de Plomo-TEP-, Tetrametilo de Plomo -TMP- y a base de manganeso conocido por sus siglas en inglés como MMT) comparando con los costos que conllevan las instalaciones que producen componentes de alto octanaje (reformación de naftas, desintegración catalítica, isomerización, alquilación, producción de éteres-MTBE, TAME-, etc...)

A partir de los años 70, el uso de compuestos de plomo en las gasolinas tenía dos razones: la primera, era la comentada de alcanzar el octanaje requerido por los motores con mayor relación de compresión y la segunda **proteger los motores** contra el fenómeno denominado Recesión del Asiento de las Válvulas de Escape (Exhaust Valve Seat Recession, EVSR) junto a la labor lubricante que el plomo ejerce en la parte alta del cilindro (piston, camisa, segmentos y asientos de válvula)

Efectos negativos del plomo en la gasolina

Los metales "pesados" (plomo, manganeso, mercurio, cadmio, etc.) resultan perniciosos tanto para el medio ambiente como para la salud humana. Se fijan en los tejidos llegando a desencadenar procesos mutagénicos en las células. Desde el punto de vista de la salud, la presencia de plomo en el aire que respiramos tiene diferentes efectos en función de la concentración presente y del tiempo a que se este expuesto. Algunos de sus principales efectos clínicos, detectados por el envenenamiento agudo con plomo, son interferencia en la síntesis de la hemoglobina, anemia, problemas en el riñón, bazo e hígado, así como afectación del sistema nervioso, los cuales se pueden manifestar cuando se detectan concentraciones por encima de 60 mg de Pb por cada 100 mililitros de sangre.

En los años 70, ante los graves problemas de deterioro ambiental del planeta y su impacto sobre los seres humanos que lo habitan, los gobiernos de los países iniciaron una serie de acciones para detener y prevenir esta problemática ambiental. Se impulsaron leyes cuyo fin consistió en reducir paulatinamente el uso de aditivos basados en plomo y manganeso de las gasolinas. Las empresas petroleras se vieron obligadas a desarrollar nuevas gasolinas de mayor octanaje sin el uso del plomo o el manganeso. Por otro lado, los fabricantes de motores, tuvieron que empezar a utilizar materiales más resistentes que no dependiesen de la lubricación del plomo para su mejor conservación (en concreto la mejora de la resistencia de los asientos de las válvulas).



Anexo 20



Quito – Ecuador

NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA

NTE INEN 935
Enmienda 1

PRODUCTOS DERIVADOS DE PETRÓLEO. GASOLINA.
REQUISITOS

PETROLEUM PRODUCTS. GASOLINE. REQUIREMENTS

ICS: 75.100.20

4
Páginas

En la página 3, Tabla 1

Dice:

TABLA 1. Requisitos de la gasolina de 87 octanos (RON)

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de octano Research (RON) ^a	--	87	--	NTE INEN 2102
Destilación: 10 %	°C	--	70	ASTM D86
50 %	°C	77	121	ASTM D86
90 %	°C	--	189	ASTM D86
Punto final	°C	--	220	ASTM D86
Residuo de destilación	% ^b	--	2	ASTM D86
Relación vapor – líquido a 60 °C	--	--	20	ASTM D5188
Presión de vapor	kPa	--	60	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50 °C)	--	--	1	ASTM D130
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	3	ASTM D381
Contenido de azufre	% ^c	--	0,065	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos	% ^b	--	30	ASTM D1319
Contenido de benceno	% ^b	--	1	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730
Contenido de olefinas	% ^b	--	18	ASTM D1319
Estabilidad a la oxidación	min	240	--	ASTM D525 ASTM D7525
Contenido de oxígeno	% ^c	--	2,7	ASTM D4815 ASTM D5845
Contenido de plomo	mg/L	--	No detectable	ASTM D3237 ASTM D5059 ASTM D5185
Contenido de manganeso	mg/L	--	No detectable	ASTM D3831 ASTM D5185
Contenido de hierro	mg/L	--	No detectable	ASTM D5185

NOTA. En el caso que las gasolinas contengan etanol anhidro la presión de vapor, este puede llegar hasta 62 kPa.

^a Para determinar el número de octano Research en ciudades de altura, se debe considerar la ecuación descrita en NTE INEN 2102.

^b % corresponde a fracción de volumen expresada en porcentaje.

^c % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.

Debe decir:

TABLA 1. Requisitos de la gasolina de 87 octanos (RON)

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de octano Research (RON) ^a	--	87	--	NTE INEN 2102
Destilación: 10 %	°C	--	70	ASTM D86
50 %	°C	77	121	ASTM D86
90 %	°C	--	189	ASTM D86
Punto final	°C	--	220	ASTM D86
Residuo de destilación	% ^b	--	2	ASTM D86
Relación vapor – líquido a 60 °C	--	--	20	ASTM D5188
Presión de vapor	kPa	--	60	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50 °C)	--	--	1	ASTM D130
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	3	ASTM D381
Contenido de azufre	% ^c	--	0,0150	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos	% ^b	--	30	ASTM D1319
Contenido de benceno	% ^b	--	1	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730
Contenido de olefinas	% ^b	--	18	ASTM D1319
Estabilidad a la oxidación	min	240	--	ASTM D525 ASTM D7525
Contenido de oxígeno	% ^c	--	2,7	ASTM D4815 ASTM D5845
Contenido de plomo	mg/L	--	No detectable	ASTM D3237 ASTM D5059 ASTM D5185
Contenido de manganeso	mg/L	--	No detectable	ASTM D3831 ASTM D5185
Contenido de hierro	mg/L	--	No detectable	ASTM D5185

NOTA. En el caso que las gasolinas contengan etanol anhidro la presión de vapor, este puede llegar hasta 62 kPa.

^a Para determinar el número de octano Research en ciudades de altura, se debe considerar la ecuación descrita en NTE INEN 2102.

^b % corresponde a fracción de volumen expresada en porcentaje.

^c % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.

En la página 4, Tabla 2

Dice:

TABLA 2. Requisitos de la gasolina 92 octanos (RON)

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de octano Research (RON) ^a	--	92,0	--	NTE INEN 2102
Destilación: 10 %	°C	--	70	ASTM D86
50 %	°C	77	121	ASTM D86
90 %	°C	--	190	ASTM D86
Punto final	°C	--	220	ASTM D86
Residuo de destilación	% ^b	--	2	ASTM D86
Relación vapor – líquido a 60 °C	--	--	20	ASTM D5188
Presión de vapor	kPa	--	60	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50 °C)	--	--	1	ASTM D130
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	4,0	ASTM D381
Contenido de azufre	% ^c	--	0,065	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos	% ^b	--	35,0	ASTM D1319
Contenido de benceno	% ^b	--	2,0	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730
Contenido de olefinas	% ^b	--	25,0	ASTM D1319
Estabilidad a la oxidación	min	240	--	ASTM D525 ASTM D7525
Contenido de oxígeno	% ^c	--	2,7	ASTM D4815 ASTM D5845
Contenido de plomo	mg/L	--	No detectable	ASTM D3237 ASTM D5059 ASTM D5185
Contenido de manganeso	mg/L	--	No detectable	ASTM D3831 ASTM D5185
Contenido de hierro	mg/L	--	No detectable	ASTM D5185

NOTA. En el caso que las gasolinas contengan etanol anhidro la presión de vapor, este puede llegar hasta 62 kPa.

^a Para determinar el número de octano Research en ciudades de altura, se debe considerar la ecuación descrita en NTE INEN 2102.

^b % corresponde a fracción de volumen expresada en porcentaje.

^c % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.

Debe decir:

TABLA 2. Requisitos de la gasolina 92 octanos (RON)

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de octano Research (RON) ^a	--	92,0	--	NTE INEN 2102
Destilación: 10 %	°C	--	70	ASTM D86
50 %	°C	77	121	ASTM D86
90 %	°C	--	190	ASTM D86
Punto final	°C	--	220	ASTM D86
Residuo de destilación	% ^b	--	2	ASTM D86
Relación vapor – líquido a 60 °C	--	--	20	ASTM D5188
Presión de vapor	kPa	--	60	ASTM D323 ASTM D4953 ASTM D5191
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50 °C)	--	--	1	ASTM D130
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	4,0	ASTM D381
Contenido de azufre	% ^c	--	0,0150	ASTM D2622 ASTM D4294 ASTM D5453
Contenido de aromáticos	% ^b	--	35,0	ASTM D1319
Contenido de benceno	% ^b	--	2,0	ASTM D3606 ASTM D5580 ASTM D6277 ASTM D6730
Contenido de olefinas	% ^b	--	25,0	ASTM D1319
Estabilidad a la oxidación	min	240	--	ASTM D525 ASTM D7525
Contenido de oxígeno	% ^c	--	2,7	ASTM D4815 ASTM D5845
Contenido de plomo	mg/L	--	No detectable	ASTM D3237 ASTM D5059 ASTM D5185
Contenido de manganeso	mg/L	--	No detectable	ASTM D3831 ASTM D5185
Contenido de hierro	mg/L	--	No detectable	ASTM D5185

NOTA. En el caso que las gasolinas contengan etanol anhidro la presión de vapor, este puede llegar hasta 62 kPa.

^a Para determinar el número de octano Research en ciudades de altura, se debe considerar la ecuación descrita en NTE INEN 2102.

^b % corresponde a fracción de volumen expresada en porcentaje.

^c % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.



Impacto Social y Económico en el Uso de Biocombustibles

Fabiola Serna ¹, Luis Barrera ², Héctor Montiel ³

Abstract

Biofuels currently represent a potential source of renewable energy. As well as that could lead to major new markets for farmers. However, only some of the current biofuel programs are feasible, and most involve high social costs and environmental ironically. The economic, environmental and social impacts of biofuels are widely debated and needs to be carefully assessed before extending public support to programs of biofuels on a large scale. The country strategy on biofuels should be based on a thorough assessment of these opportunities and costs in the medium and long term. One factor to consider is that oil reserves will run out, experts say, in fifty years. This article presents the social and economic impact of biofuel production in industrialized countries and developing countries that are or could become, efficient producers in export markets and profitable new.

Keywords: Biofuels; biomass; renewable energy; fossil fuels.

Resumen

Los biocombustibles representan en la actualidad una fuente potencial de energía renovable., además de que podrían generar nuevos y grandes mercados para los productores agrícolas. No obstante, sólo algunos de los actuales programas de biocombustibles son viables, y la mayoría implica altos costos sociales e irónicamente ambientales. Los efectos económicos, ambientales y sociales de los biocombustibles deben debatirse ampliamente y es necesario evaluarlos cuidadosamente antes de extender el apoyo del sector público hacia programas de biocombustibles en gran escala. Las estrategias de los países respecto a los biocombustibles deben basarse en una evaluación minuciosa de estas oportunidades y costos a mediano y largo plazo. Uno de los factores a tener en cuenta es que las reservas de petróleo se acabarán, según expertos, en cincuenta años. En este artículo se presenta el impacto social y económico en la producción de biocombustibles en los países industrializados, y en los países en desarrollo que son, o podrían llegar a ser, productores eficientes en mercados de exportación nuevos y rentables.

Palabras claves: Biocombustibles; biomasa; energías renovables; combustibles fósiles.

Introducción

Biocombustible es el término con el cual se denomina a cualquier tipo de combustible que derive de la biomasa, nombre dado a cualquier materia orgánica de origen reciente que haya derivado de animales y vegetales como resultado de un proceso de conversión fotosintético; la energía de la biomasa deriva del material vegetal y animal, como la madera de los bosques, los residuos de procesos agrícolas y forestales, de la basura industrial, humana o animal (Hernández y Hernández, 2008).

Los biocombustibles representan en la actualidad una fuente potencial de energía renovable; además de que podrían generar nuevos y grandes mercados para los productores agrícolas (Hernández y Hernández, 2008, p.15). No obstante, sólo algunos de los actuales programas de biocombustibles son viables, y la mayoría implica altos costos sociales e irónicamente ambientales. Los efectos económicos, ambientales y sociales de los biocombustibles deben debatirse ampliamente y es necesario evaluarlos cuidadosamente antes de extender el apoyo del sector público hacia programas de biocombustibles en gran escala.

Los combustibles de origen biológico pueden sustituir parte del consumo en combustibles fósiles tradicionales, como el petróleo o el carbón. Aplicando las técnicas agrícolas y las estrategias de procesamiento apropiadas, los biocombustibles pueden ofrecer ahorros en las emisiones de al menos el 50%, comparando con combustibles fósiles como el gasóleo o la gasolina (Hernández y Hernández, 2008, p.17). Además, los biocombustibles se producen a partir de cultivos agrícolas, que son fuentes renovables de energía.

Una desventaja en la producción de estos combustibles ha sido por ejemplo el alza del precio de los alimentos, la creciente competencia por la tierra y el agua, y la deforestación. Al utilizarse suelo agrario para el cultivo directo de biocombustibles, en lugar de aprovechar exclusivamente los restos de otros cultivos, se ha comenzado a producir un efecto de competencia entre la producción de comida y la de biocombustibles, resultando en el aumento del precio de la primera (Hernández y Hernández, 2008).

Un paso fundamental para maximizar las oportunidades y las ventajas comparativas regionales, es dar seguimiento a los procedimientos de evaluación de impacto ambiental, que son instrumentos decisivos para la toma de decisiones. Los principales impactos están relacionados con in-

crementos en la demanda de insumos, recursos y energía, con los riesgos potenciales sobre la calidad del agua y la conservación del hábitat (Stachett, Rodrigues, Aparecida, Buschinelli, y Ligo, 2007).

Una de las ventajas está en relación con la preservación ambiental, cualquier camino efectivo que lleve a una reducción del consumo de energía no renovable choca con la misma dificultad: la disminución de la ganancia o de los lucros extraordinarios, lo que negaría la esencia del libre mercado. El libre mercado "puede" ayudar a innovar alguna cosa para vender (como por ejemplo los biocombustibles) que lo ayudará a "conservar", no obstante el acto real de preservación ambiental mata los lucros (Recompensa, Días, Zabala, y Ramos, 2008).

El objetivo de este documento, es mostrar las ventajas y desventajas en el uso de biocombustible, basándonos en las investigaciones de diferentes autores y el impacto social y económico en la producción de biocombustibles en los países industrializados, y en vías de desarrollo, que podrían llegar a ser, productores eficientes en mercados de exportación nuevos y rentables.

Este artículo está distribuido de la siguiente forma: en la sección 2, se plantea la situación actual en el impacto social y económico en la producción de biocombustibles en los países industrializados, y en los países en desarrollo; en la sección 3 se presenta la metodología; sección 4 los resultados, presentando ventajas y desventajas del uso de biocombustibles, en países desarrollados y en vías de desarrollo; y por último en la sección 5 la conclusión, en la cual se presentan los beneficios potenciales al utilizar biocombustibles.

2. Estado del arte

2.1 Situación actual del uso de biocombustibles

El mundo se encuentra frente a una enorme campaña global, cuyo objetivo es incorporar de la forma más rápida posible diferentes materias primas tales como: caña de azúcar, soya, maíz, colza, remolacha, etc., a la producción de biocombustibles como sustitutos perfectos de los derivados de petróleo. Las principales justificaciones encontradas para este fenómeno tienen su fundamento en el calentamiento global y en la contaminación del medio ambiente. Los biocombustibles de 1ª generación utilizan cultivos específicos como materias primas; los más ampliamente difundidos son el biodiesel y el bioetanol. Este último representa más del 90% del total de biocombustibles que se utilizan actualmente en el mundo. En Brasil, Suecia y Estados Unidos existen 6 millones de vehículos circulando que pueden aceptar mezclas etanol/gasolina de hasta 85%. Las etapas de procesamiento son distintas dependiendo

de la fuente de carbono; así, las tecnologías utilizadas en los procesos de 1ª generación son más simples que las de los procesos de 2ª y sus costos de producción e inversión son menores (Chauvet y González, 2008).

En la Figura 1 se muestran de manera esquemática las etapas principales para producir bioetanol a partir de sacarosa (de caña, remolacha, etc.), almidón (de maíz, trigo, tubérculos, etc.) y residuos lignocelulósicos (pajas, residuos agrícolas e industriales, bagazo de caña, etc.). Por las características de la lignocelulosa ofrece dificultades técnicas importantes, lo que encarece el costo de producción y el de inversión. Las tecnologías para la elaboración de biocombustibles de 2ª generación se encuentran en etapa de desarrollo en el mundo, y se espera una baja sensible en ambos rubros en el mediano y largo plazos.

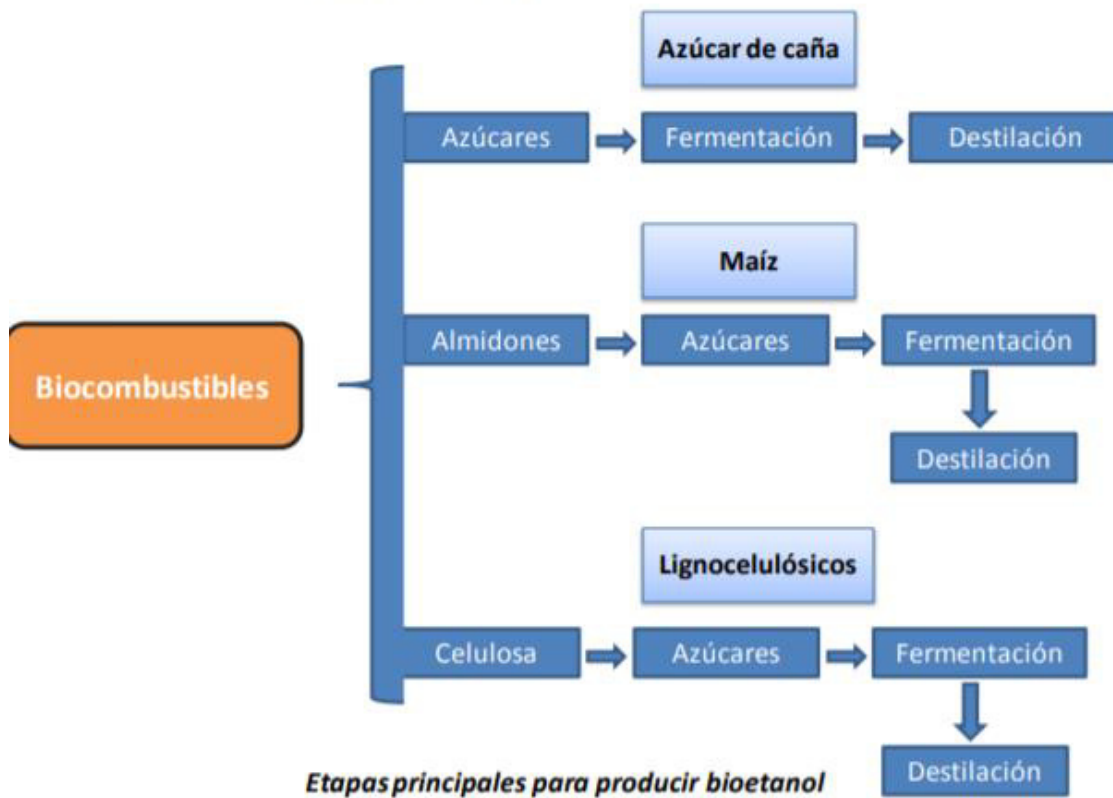


Figura 1. Etapas principales para producir bioetanol

En la Tabla I se muestra la variación en el costo de producción de bioetanol de 1ª generación de acuerdo con la fuente de carbono y materia prima utilizada (Chauvet y González, 2008).

Fuente de carbono	Cultivo	Rendimiento (lts/ton de cultivo)	Rendimiento (lts/ha)	Costo de producción (USD/litro)	País
Sacarosa	Remolacha (jugo)	100	7000	0.48	Unión Europea
	Caña (jugo)	70-85	6000	0.21	Brasil
		10	590	0.32	India
	Caña (melaza)	10	730	0.23-0.37	México
	Sorgo	56-90	2500-4000		Suecia
Almidón	Maíz	400	3000	0.29-0.37	Estados Unidos
	Trigo	340	2700	0.62	Unión Europea
	Maíz/trigo	285		0.59	Estados Unidos
Celulosa	Bagazo (caña)	55	3850	0.8	Chile

Tabla I. Principales materias primas para etanol

Las diferencias entre la energía que se pretende extraer hoy de la agricultura y la contenida en la energía fósil (petróleo, gas natural y carbón) que representa el 80% de la energía consumida en el mundo; la primera se obtiene como resultado de la fotosíntesis: el sol, el agua y los nutrientes que a cada año se adquieren con las cosechas, aunque la energía fósil tiene el mismo origen pero con la diferencia de que es resultado del ahorro de la fotosíntesis producida a lo largo de millones de años. Actualmente se pretende sustituir todo el consumo de energía fósil (petróleo, gas natural y carbón) utilizando los biocom-

bustibles, y que posee un conjunto de particularidades tales como: a) altísimo consumo de energía fósil, b) necesidad de utilizar grandes establecimientos agropecuarios y concentración de tierras c) uso intensivo de tecnologías y máquinas, d) daños ambientales en gran escala, e) alta concentración de capitales (Recompensa, Días, Zabala y Ramos, 2008).

La clave de la economía de la producción del biodiesel se encuentra en las materias primas utilizadas. En Colombia se han realizado varias investigaciones, a nivel de

4. Conclusiones

En la producción de biocombustibles, si tomamos como ejemplo el etanol y los otros biocombustibles brasileños, esta tentativa de solución para nuestros problemas energéticos están siendo controlados a través de la propiedad o del arrendamiento de tierras que producen las materias primas y/o con la propiedad intelectual (procesos propietarios de destilación, microbios patentados que convierten sustancias en azúcares, etc.); el punto es, que los gobiernos crean más problemas, no importa que los biocombustibles proporcionen un bajo retorno energético sobre la inversión, el agotamiento de los suelos fértiles, la contaminación y la energía; lo que importa es que los gobiernos pueden hacer mucho dinero (Recompensa, Días, Zabala y Ramos, 2008). En relación con la preservación ambiental cualquier camino efectivo que lleve a una reducción del consumo de energía no renovable choca con la misma dificultad: la disminución de la ganancia o de los lucros extraordinarios, lo que negaría la esencia del libre mercado (Recompensa, Días, Zabala y Ramos, 2008).

Los biocombustibles de primera generación, como la producción de etanol es una de las aplicaciones industriales más tradicionales en todos los sentidos, las exigencias de escala, costos y mejoramiento de eficiencia al utilizarse como combustible apuntan casi inexorablemente hacia la utilización de cultivos transgénicos, lo que complicará aún más el debate nacional. Los biocombustibles de segunda generación las ventajas que ofrecen es que pueden ser obtenidos de biomasa que no se apropie de insumos para los alimentos o compita con ellos, como los esquilmos agrícolas o de desechos industriales y urbanos, así no se rivaliza además por el uso de los recursos naturales. La producción rentable del etanol que se obtiene de la lignocelulosa vía la hidrólisis enzimática aumentaría la variedad y la disponibilidad de material de base y, por lo tanto, ampliaría la producción de biocombustibles sin afectar la seguridad y la soberanía alimentaria (Chauvet y González, 2008).

La tendencia es hacia los biocombustibles de segunda generación, ya que el uso de cultivos agrícolas destinados a biocombustibles no supe las necesidades energéticas de bajo costo que hoy día logran el petróleo y sus derivados. De ahí la importancia para un país como México, en este momento, de destinar recursos para la I+D de biocombustibles de 2ª generación. Para el 24 de julio de 2007, la administración informa que "el gobierno federal

ya no apoyará proyectos de fábricas de etanol que lleven al maíz como materia prima, dado que se tiene la prioridad de que este cereal no se distraiga de sus destinos en la alimentación humana o en la nutrición animal" (Chauvet y González, 2008).

La gestión del recurso natural estratégico "suelo" presenta un desafío, ya que no hay una cuantificación del daño en el caso de prácticas no sostenibles (De Paula y Cristian, 2009).

Es importante vincular las normas de sostenibilidad a las políticas de biocombustibles, el más lógico enfoque sería sancionar o compensar el uso del etanol. Las preocupaciones sobre el uso del suelo con los biocombustibles se pueden contraer con el tema general del cambio climático mundial en general. La agricultura tiene un potencial considerable para la mitigación de gases de efecto invernadero, especialmente en los países en desarrollo. Los efectos de políticas de biocombustibles en el desarrollo y la adopción de nueva tecnología deben ser examinados. Las políticas de biocombustibles puede ser necesarias para garantizar un mercado con el fin de aprovechar los efectos beneficiosos del aprender "haciendo y usando" y obtener beneficios dinámico en la innovación de nuevas tecnologías (Gorter y Just, 2010).

La producción de biocombustibles forma parte de una estrategia competitiva dentro del mercado mundial, principalmente para países desarrollados como Estados Unidos. El problema que genera el alza de precios internacionales en los alimentos agrava una situación agrícola estructural en México, en donde se ha dejado de lado la prioridad de contar con una política de auto abasto en los alimentos y de insuficiente apoyo en la inversión en el campo (Merino y Castañeda, 2008). La generación de bioenergía no es la panacea para solucionar la pobreza del agro mexicano, ni solucionaría los problemas de la economía del país en general. Se puede crear un problema socioeconómico ambiental, de no planificarse de forma multidisciplinaria su producción, uso y explotación (González, 2009).

Biocombustible generó un ahorro al país de casi \$10 millones en solo tres meses

Quito (Pichincha).- El biocombustible no solo puede ser la solución ante la contaminación y las emisiones de gases contaminantes provocadas por los combustibles fósiles al ser fuente de energía renovable, además, como los biocombustibles se producen a partir de productos de cultivo local, generan más puestos de trabajo en el campo y también impactan benéficamente en la economía de un país.

Esto es lo que sucedió en apenas tres meses en Ecuador (de enero a marzo de 2010) cuando inició el plan piloto con la gasolina Ecopaís que alcanzó 62 millones de despacho, generando un ahorro neto de 9,6 millones de dólares, indicó Santiago León, ministro Coordinador de Producción, Empleo y Competitividad.

El país camina hacia la ampliación del programa Ecopaís a nivel nacional, indicó el ministro quien informó que de aquí a cuatro meses el 100% de las gasolineras en Guayaquil distribuirán el biocombustible, a finales de 2013 en toda la provincia del Guayas se despachará Ecopaís incorporando a Los Ríos y El Oro. La meta, explicó León, es que al 2016 el biocombustible abarque todo el territorio Nacional.

En ese contexto el ministerio Coordinador de Producción, Empleo y Competitividad firmó un contrato de compra-venta con las asociaciones de licor artesanal Facundo Vela, Asogras, Pangua y Cañar y las empresas destiladoras Soderal y Producargo que proveerán de un millón de litros al año para la producción del biocombustible. Los productores entregarán aguardiente con 60 grados de alcohol a un precio referencial de 0,70 centavos por litro.

Cerca de 800 cañicultores se beneficiarán con el acuerdo suscrito, además se involucran alrededor de 14 mil hectáreas que están destinadas para la producción de caña de azúcar.

La producción de Ecopaís se incluye en el Programa Nacional de Agroenergía, impulsado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (Magap), dentro del cual incluye la plantación de 6.000 hectáreas de caña de azúcar con fines energéticos y el proyecto para la instalación de plantas de procesamiento de alcohol. AÁT/ElCiudadano

La Ecopaís está disponible en el 40% de las estaciones



En las estaciones de servicio de la provincia de Azuay se despacha la gasolina Ecopaís desde el 1 de agosto del 2017. Foto: Xavier Caivinagua para EL COMERCIO

Redacción Elcomercio.com

La venta de combustible **Ecopaís** va ganando espacio en el mercado. Aparte de las provincias de la **Costa, Zamora Chinchipe y Loja**, desde inicios de este mes esta gasolina se comercializa en Azuay, Cañar, y Morona Santiago.

Actualmente, alrededor del 40% de las estaciones de combustible del **Ecuador**, de las 1 085 que funcionan en el país, distribuyen gasolina **Ecopaís**, informó **Francisco Silva**, presidente de la Cámara Nacional de Distribuidores de Derivados de Petróleo del Ecuador (Camddepe).

Hasta el cierre de este año se prevé vender un total de 310 millones de galones de Ecopaís, lo que significa un 30% más con relación a la cantidad despachada durante el año pasado, informó la **Camddepe** con base a datos estadísticos de la Empresa Pública Petroecuador.

En Azuay, el suministro de este combustible es normal desde la terminal de **Chaulabamba**, que abastece a más de 70 estaciones del Austro. Solo en **Cuenca** 30 gasolineras ya han reemplazado la gasolina extra por Ecopaís, mencionó **Carlos Salazar**, presidente de la Asociación de Distribuidores Derivados del Azuay.

Pese al cambio de producto, algunos clientes todavía no están enterados del nuevo combustible que se despacha en las estaciones de servicio.

Esto ocurre, según Salazar, porque no ha existido un **proceso de difusión** por parte de las autoridades. Además, el precio del producto no varió. El galón de la Ecopaís cuesta lo mismo que la gasolina **extra**, es decir **USD 1,48**.

Hasta obtener información sobre las características de la Ecopaís, **Armando Cedillo**, conductor de un taxi, decidió utilizar temporalmente la **gasolina súper** en su auto. Él espera asesorarse bien sobre los componentes del nuevo combustible y el rendimiento que ofrece para los automotores.

Por su parte **Polivio Zhumi**, quien conduce una camioneta, aseguró que no se percató de la venta del producto ni ha notado cambios en el desempeño del motor. Cada dos días, él destina USD 10 para llenar el tanque. “No hubo campañas de información y no conozco la **composición de esta gasolina**, solo me enteré que era el reemplazo de la extra”.

La Ecopaís está compuesta en un 5% por **bioetanol** (proveniente de la caña de azúcar) y un 95% de gasolina pre mezclada. Esta cumple con la norma de **calidad Inen** que establece el octanaje entre 85 y 87, igual que la extra.

El emplear un combustible con una composición diferente, pero del mismo octanaje, hace que los usuarios difícilmente noten cambios en el desempeño de sus vehículos.

Sin embargo, Salazar consideró que debido al **bioetanol** (alcohol), que contiene el combustible Ecopaís, se recomienda realizar un mantenimiento de los tanques de los automotores y de los filtros de combustible. En el caso de las estaciones de servicio, por ejemplo, los tanques que almacenaban extra fueron sometidos a una limpieza profunda previo al despacho de Ecopaís.

El propósito de **Petroecuador** es que la distribución y comercialización de la gasolina Ecopaís sea progresiva en todo el territorio nacional. Esto se realizará en función de la oferta del bioetanol, que es un producto que se origina del desecho de la caña de azúcar.

Para diciembre del 2017 está previsto que este combustible sea despachado en las gasolineras de Quito. Y para mayo del 2018 la meta es reemplazar la extra por Ecopaís a escala nacional, refirió la Camddepe con base al **cronograma** remitido por el Ministerio de Hidrocarburos. La venta de este combustible empezó en el 2010, en **Guayas**.

Para este cambio los distribuidores no requieren realizar inversiones mayores. No obstante, Silva consideró que la intervención prevista en la **Refinería Esmeraldas** podría alterar el cronograma. La fecha para reparar las unidades con problemas en este complejo industrial aún no está definida, precisó **Carlos Pérez**, ministro de Hidrocarburos el lunes pasado (21 de agosto).

Con la incorporación de gasolina **Ecopaís** se espera reducir las emisiones de gases contaminantes y, aparte, beneficiar al sector agricultor de caña de azúcar y productores de **etanol**. También, el uso de Ecopaís contribuirá a disminuir la salida de divisas, porque se reduce las importaciones de **nafta de alto octano** (NAO), utilizada en mayor porcentaje para la producción de gasolinas extra y súper, refirió **Petroecuador**.

Anexo 24

CIENCIA Y CULTURA
elementos

Elementos: Ciencia y cultura
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
elemento@siu.buap.mx
ISSN (Versión impresa): 0187-9073
MÉXICO

2008

Marco Antonio Hernández Rodríguez / Jorge Arturo Hernández Zárate
VERDADES Y MITOS DE LOS BIOCOMBUSTIBLES
Elementos: Ciencia y cultura, julio-septiembre, año/vol. 15, número 071
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Puebla, México
pp. 15-18

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Universidad Autónoma del Estado de México

<http://redalyc.uaemex.mx>



Verdades y MITOS de los biocombustibles

Marco Antonio
**Hernández
Rodríguez** y Jorge Arturo
**Hernández
Zárate**

Los biocombustibles representan en la actualidad una fuente potencial de energía renovable, siendo una alternativa en apariencia viable para sustituir los combustibles fósiles, además de que podrían generar nuevos y grandes mercados para los productores agrícolas. No obstante, sólo algunos de los actuales programas de biocombustibles son viables, y la mayoría implica altos costos sociales e irónicamente ambientales, esto a pesar de que al llevar el prefijo "bio" se tiende a pensar que no tienen consecuencias nocivas sobre el medio ambiente.

BIOCOMBUSTIBLES

Biocombustible es el término con el cual se denomina a cualquier tipo de combustible que derive de la biomasa (nombre dado a cualquier materia orgánica de origen reciente que haya derivado de animales y vegetales como resultado de un proceso de conversión fotosintético; la energía de la biomasa deriva del material vegetal y animal, como la madera de los bosques, los residuos de procesos agrícolas y forestales, de la basura industrial, humana o animal).

Partiendo de lo anterior se comprende que los combustibles de origen biológico pueden sustituir parte del consumo en combustibles fósiles tradicionales, como el petróleo o el carbón. Los



© Emilio Salceda, de la serie *Humo y espejos*, 2007.

biocombustibles más usados y desarrollados son el bioetanol y el biodiésel.

El bioetanol, también llamado etanol de biomasa, se obtiene a partir del maíz, sorgo, caña de azúcar o remolacha. Brasil es el principal productor de bioetanol (con el 45% de la producción mundial), Estados Unidos representa el 44%, China el 6%, la Unión Europea el 3%, India el 1% y otros países, el restante 1%.

El biodiésel se fabrica a partir de aceites vegetales. El principal productor de biodiésel en el mundo es Alemania, que concentra el 63% de la producción. Le sigue Francia con el 17%, Estados Unidos con el 10%, Italia con el 7% y Austria con el 3%.¹

Pese a que en su origen sólo se utilizaron los restos de otras actividades agrícolas para producir biocombustibles, con su generalización y fomento en Occi-

dente, muchos países subdesarrollados del sureste asiático están destruyendo sus selvas para crear plantaciones para biocombustibles. La consecuencia de esto es justo la contraria de lo que se desea conseguir con los biocombustibles, pues los bosques y selvas limpian más el aire de lo que lo hacen los cultivos que se ponen en su lugar.

Cabe anotar que efectivamente los biocombustibles podrían convertirse en grandes mercados para el sector agrícola. Sobre todo habiendo llegado los precios del petróleo a un nivel alto nunca antes visto y disponiendo de pocos combustibles alternos para el sector del transporte, Brasil, los estados miembros de la Unión Europea, los Estados Unidos y otros países están apoyando activamente la producción de biocombustibles líquidos provenientes de la agricultura; éstos se extraen, generalmente, del maíz o de la caña de azúcar, si se produce etanol, y de diversos cultivos de oleaginosas, cuando se produce biodiésel.

EFFECTOS AMBIENTALES Y SOCIALES

Los posibles beneficios ambientales y sociales, entre ellos la mitigación del cambio climático y una contribución a la seguridad energética, son citados como los principales motivos del apoyo del sector público a las industrias de biocombustibles, cuyo crecimiento ha sido rápido. Sin embargo, los efectos económicos, ambientales y sociales de los biocombustibles deben debatirse ampliamente y es necesario evaluarlos cuidadosamente antes de extender el apoyo del sector público hacia programas de biocombustibles en gran escala. Estos efectos dependen del tipo de materia prima agrícola empleada, del proceso de producción aplicado, y de los cambios que requiera el uso de la tierra.

La producción mundial de etanol como combustible fue, en el 2006, de cerca de 40,000 millones de litros. Asimismo, cerca de 6,500 millones de litros de biodiésel fueron producidos en ese mismo año.²

Brasil emplea cerca de la mitad de la caña de azúcar que cultiva para producir etanol y su uso como combustible es obligatorio. Muchos otros países en desarrollo están iniciando programas de biocombustibles que se basan ya sea en la caña de azúcar o en otros cultivos ricos en aceites como la palma de aceite y las especies de

Jatropha y de *Pongamia*. Pero un efecto desastroso en la producción de estos combustibles ha sido por ejemplo el alza del precio de los alimentos, la creciente competencia por la tierra y el agua, y la deforestación. Las estrategias de los países respecto a los biocombustibles deben basarse en una evaluación minuciosa de estas oportunidades y costos a mediano y largo plazo.

Además, los biocombustibles (que en primer plano parecen ser el mejor sustituto para reemplazar el uso de combustibles fósiles, los cuales provocan la emisión de gases de efecto invernadero como el CO₂) realmente siguen emitiendo CO₂ por la combustión del propio biocombustible, por lo que siguen contribuyendo al calentamiento global. Uno de los factores a tener en cuenta es que las reservas de petróleo se acabarán, según expertos, en cincuenta años, y con ellas cesarían las emisiones de CO₂, pero al utilizar el biocombustible como reemplazo del petróleo, se seguirá emitiendo CO₂ a la atmósfera indefinidamente.³ Otras fuentes afirman que no se lanza nada de dióxido de carbono neto porque la planta vuelve a respirar CO₂, aunque se podría discutir que mientras está en la atmósfera, actúa como gas invernadero.⁴

Una causa más a analizar son los fertilizantes necesarios para los cultivos, el transporte de la biomasa, el proceso de producción y la distribución del biocombustible hasta el consumidor. Por otro lado, algunos procesos de producción de biocombustible producen muchas menos emisiones que otros; por ejemplo, el cultivo de la caña de azúcar requiere el uso de menos fertilizantes que el cultivo del maíz, por lo que el bioetanol de caña de azúcar reduce las emisiones de gases de efecto invernadero con más efectividad que el bioetanol derivado del maíz. Sin embargo, aplicando las técnicas agrícolas y las estrategias de procesamiento apropiadas, los biocombustibles pueden ofrecer ahorros en las emisiones de al menos el 50%, comparando con combustibles fósiles como el gasóleo o la gasolina.⁵ Además, los biocombustibles se producen a partir de cultivos agrícolas, que son fuentes renovables de energía. Pueden obtenerse a partir de cultivos propios de una región, permitiendo la producción local del biocombustible y la disponibilidad de combustible independientemente de las políticas de importación y de las fluctuaciones en el precio del petróleo. Asimismo, pro-

ducen mucho menos emisiones nocivas (como azufre) para los seres vivos, el agua y el aire.⁶

Pero al utilizarse suelo agrario para el cultivo directo de biocombustibles, en lugar de aprovechar exclusivamente los restos de otros cultivos, se ha comenzado a producir un efecto de competencia entre la producción de comida y la de biocombustibles, resultando en el aumento del precio de la primera.⁷

Un caso de este efecto ha sucedido en Argentina. Las plantaciones para biocombustible brindan beneficios cada seis meses, y los pastos en los que se crían las vacas, en varios años, por lo que se comenzaron a usar estos pastos para sembrar biocombustibles. La conclusión fue un aumento de precio en la carne de vaca, duplicando o incluso llegando a triplicar su costo.⁸

Otro caso ha sido el de México con la producción de maíz. La compra de maíz para producir biocombustibles para Estados Unidos ha hecho que en el primer semestre de 2007, la tortilla duplique o incluso llegue a triplicar su precio.⁹

En Italia, el precio de la pasta se ha incrementado sustancialmente dando lugar, en septiembre de 2007, a una jornada de protesta consistente en un boicot a la compra de este producto típico de la comida italiana. También España registró en septiembre de 2007 una subida del precio del pan causada por el aumento en origen del precio de la harina.

La producción de biocombustibles en los países industrializados se ha desarrollado bajo la protección de elevados aranceles, al mismo tiempo que se otorgan grandes subsidios a los productores de los mismos. Estas políticas perjudican a los países en desarrollo que son, o podrían llegar a ser, productores eficientes en mercados de exportación nuevos y rentables.

VIABILIDAD SOCIOECONÓMICA

Las condiciones económicas favorables y los grandes beneficios ambientales y sociales que justificarían el otorgar subsidios considerables son, probablemente, poco comunes para las tecnologías de primera generación. En algunos casos, como en los países sin acceso al mar que importan petróleo y que podrían

convertirse en productores eficientes de caña de azúcar, el costo elevado del transporte del combustible fósil podría hacer que la producción de biocombustibles sea una operación económicamente viable, aun empleando las tecnologías actuales. Los beneficios potenciales de las tecnologías de segunda generación, incluyendo aquí las que permiten producir biodiésel en pequeña escala, son en cambio mucho más grandes y justifican, por ello, que los sectores público y privado financien inversiones en investigación de magnitud considerable.¹⁰

El reto que enfrentan los gobiernos en los países en desarrollo es, por un lado, evadir la necesidad de sostener los biocombustibles mediante incentivos que causen distorsiones y que quizás desplacen actividades alternas cuyo retorno sería más grande; y del otro, poner en práctica normas y diseñar sistemas de certificación para mitigar los riesgos ambientales y los de seguridad alimentaria asociados con la producción de biocombustibles. Los gobiernos necesitan valorar cuidadosamente los beneficios económicos, ambientales y sociales de los biocombustibles y el potencial que éstos tienen de mejorar la seguridad energética.

Es posible reducir los riesgos ambientales de la producción de biocombustibles en gran escala mediante esquemas que permitan medir y comunicar el comportamiento ambiental de los biocombustibles. La eficacia de estos esquemas de certificación necesita la participación de todos los principales productores y compradores, y de sistemas de seguimiento bien estructurados.¹¹

La producción a gran escala de biocombustibles en México requiere de un esfuerzo importante en investigación y desarrollo. Las actividades que deberían enfatizarse son, por ejemplo, el establecimiento de investigación agrícola para mejorar la productividad de cultivos energéticos, especialmente para ampliar las variedades de las diferentes especies, y el establecimiento de nuevos sistemas de cultivo.

CONCLUSIONES

En resumen, todas estas medidas serán pocas a cambio de preservar la fauna y flora vitales de cada región,

más aún si consideramos que son los pulmones necesarios para la preservación del ambiente, además de que un arrebato mal planeado en la producción de estos combustibles detonaría indudablemente una deforestación masiva, dado el incremento en precios y demanda de la materia prima necesaria para los biocombustibles. Muy probablemente serían las clases marginadas e históricamente castigadas del país las más afectadas, en este caso, las comunidades indígenas y personas que ya viven en extrema pobreza. Es importante tener en consideración que por falta de inversión, o reinversión, las instalaciones de las seis refinerías petroleras distribuidas en la República Mexicana no alcanzan a cubrir en su totalidad la demanda de combustibles para el país. Las preguntas son: ¿cuántas hectáreas e instalaciones de proceso serán requeridas para la producción de biocombustibles?, y ¿en cuánto tiempo serán capaces de cubrir la demanda nacional y, además, de poder continuar con las ventas al extranjero?

REFERENCIAS

¹ Derek Byer Lee & Alain de Janury. "Biocombustibles: una promesa y algunos riesgos". Grupo del Banco Mundial, Washington, DC, USA (2007) 1-4.

² *Ibid.*, p. 5.

³ Narbona C. Co., *Energías Renovables*, Madrid, España (abril 2006) 94-100.

⁴ *Ibid.*, p. 101.

⁵ López Cozar JM. Biocarburantes en España y Europa. Alta producción, escasa demanda. *Energías Renovables*, Madrid, España (julio-agosto 2006) 36-41.

⁶ González Suárez E. *El abecé del petróleo y del gas*, Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, Biodiesel Development Corporation, Buenos Aires, Argentina (2001).

⁷ Romano SD, González Suárez E y Laborde MA. *Combustibles alternativos*, Ediciones Cooperativas, Buenos Aires, Argentina (2006).

⁸ Ley Chong N, Albernas Carabajal Y, Rodríguez Aguilar JM, Romano SD. "La producción conjunta de bioetanol y biodiésel en la minimización de la incertidumbre del uso de la biomasa como fuente de biocombustibles", Ediciones Cooperativas, Argentina (2006) 100 - 108.

⁹ Masera Cenutti O, Rodríguez Martínez N, Lázcano Martínez I, Horta Nogueira LA, Macedo IC, Trindade SC, Thrán D, Probst G, Weber M, Müller-Langer F. *Potenciales y viabilidad del uso de bioetanol y biodiésel para el transporte en México*, SENER, México (julio 2007) 1-4.

¹⁰ *Ibid.*, pp. 5-8.

¹¹ *Ibid.*, pp. 9-14.

Marco Antonio Hernández Rodríguez y Jorge

Loja cuenta con Ecopais, una gasolina amigable con el medio ambiente



Uno de los proyectos amigables con el medio ambiente que tiene EP Petroecuador es la producción y distribución de la gasolina Ecopais. El uso de este combustible tiene múltiples ventajas, entre ellas la reducción de las emisiones de CO₂, disminuye la salida de divisas porque se importan en menor cantidad Naftas de Alto Octano (NAO), la que se utiliza en la producción de gasolinas. Además, beneficia al sector cañicultor y a los productores de Etanol, ya que promueve el desarrollo agroindustrial y aumenta el empleo rural.

Este combustible se elabora a base de la mezcla de Naftas de Alto y Bajo Octano con Etanol, para de esta forma alcanzar los requisitos de calidad que establece la Norma INEN 935, la cual regula la calidad de los combustibles. Ecopais cumple con los mismos estándares de calidad de la Gasolina Extra, pero con la ventaja que tiene un componente renovable en su composición.

Para Germán Sánchez, quien vive en el cantón Pindal (Loja) y utiliza la gasolina Ecopais, considera que una de las ventajas de este combustible es la disminución de la contaminación del medio ambiente. Además, su vehículo responde bien y no ha tenido inconvenientes mecánicos por este motivo.

Ecopais se distribuye a nivel nacional en las provincias de Guayas, Santa Elena, Los Ríos, El Oro, Manabí, Esmeraldas, Loja, Zamora Chinchipe y Azuay. En la provincia de Loja se despacha a 22 gasolineras de los

cantones de Catamayo, Chaguarpamba, Loja, Olmedo, Paltas, Saraguro y Sozoranga.

Otra de las usuarias de este producto es Gabriela Correa, docente del colegio de Bachillerato Pindal de Loja, quien comenta: "He consumido esta gasolina por un algún tiempo y no he tenido ningún inconveniente con el vehículo, además recomiendo el uso de este combustible porque coadyuvamos con la economía de nuestro país".

HOJA DE SEGURIDAD XII ETANOL

FORMULA: C₂H₆O, CH₃CH₂OH.

PESO MOLECULAR: 46.07 g/mol.

COMPOSICION: C: 52.24 %; H: 13.13 % y O: 34.73 %.

GENERALIDADES:

El etanol es un líquido incoloro, volátil, con un olor característico y sabor picante. También se conoce como alcohol etílico. Sus vapores son mas pesados que el aire.

Se obtiene, principalmente, al tratar etileno con ácido sulfúrico concentrado y posterior hidrólisis. Algunas alternativas de síntesis son: hidratación directa de etileno en presencia de ácido fosfórico a temperaturas y presiones altas y por el método Fischer-Tropsch, el cual consiste en la hidrogenación catalítica de monóxido de carbono, también a temperaturas y presiones altas. De manera natural, se obtiene a través de fermentación, por medio de levaduras a partir de frutas, caña de azúcar, maíz, cebada, sorgo, papas y arroz entre otros, generando las variadas bebidas alcohólicas que existen en el mundo. Después de la fermentación puede llevarse a cabo una destilación para obtener un producto con una mayor cantidad de alcohol.

El etanol se utiliza industrialmente para la obtención de acetaldehído, vinagre, butadieno, cloruro de etilo y nitrocelulosa, entre otros. Es muy utilizado como disolvente en síntesis de fármacos, plásticos, lacas, perfumes, cosméticos, etc. También se utiliza en mezclas anticongelantes, como combustible, como antiséptico en cirugía, como materia prima en síntesis y en la preservación de especímenes fisiológicos y patológicos.

El llamado alcohol desnaturalizado consiste en etanol al que se le agregan sustancias como metanol, isopropanol o, incluso, piridinas y benceno. Estos compuestos desnaturalizantes son altamente tóxicos por lo que, este tipo de etanol, no debe de ingerirse.

NUMEROS DE IDENTIFICACION:

CAS: 64-17-5

UN: 1170

NIOSH: KQ 6300000

NOAA : 667

STCC: 4909146

RTECS: KQ 6300000

NFPA: Salud: 0 Reactividad: 0 Fuego: 3

HAZCHEM CODE: 2 SE

MARCAJE: LIQUIDO INFLAMABLE

SINONIMOS:

ETANOL ABSOLUTO

ALCOHOL

ALCOHOL ANHIDRO

En inglés:

ETHYL ALCOHOL

ANHYDROL

ALCARE HAND DEGERMER

JAYSOL

JAYSOL S

SPIRT

TECSOL

ALCOHOL DESHIDRATADO

ALCOHOL ETILICO

ETANOL

METIL CARBINOL

HIDRATO DE ETILO

ALCOHOL DE FERMENTACION

ALCOHOL DE GRANO

ALCOHOL DE PAPA

ALGRAIN

COLOGNE SPIRT

ETHANOL 200 PROOF

ETHICAP

HIDROXIDO DE ETILO

MOLASSES ALCOHOL

SD ALCOHOL 23-HYDROGEN

SYNASOL

FRESH M

TECSOL C

SPIRITS OF WINE

NCI-C03134

Otros idiomas:

AETHANOL (ALEMAN)

AETHYLALKOHOL (ALEMAN)

ALKOHOL (ALEMAN)

ALCOOL ETHYLIQUE (FRANCES)

ETANOLO (ITALIANO)

ALKOHOLU ETYLOWEGO (POLACO)

ETYLOWY ALKOHOL (POLACO)

ETHYLALCOHOL (HOLANDES)

PROPIEDADES FISICAS Y TERMODINAMICAS:

Punto de ebullición: 78.3 °C. Punto de fusión: -130 °C.
Índice de refracción (a 20 °C): 1.361 Densidad: 0.7893 a 20 °C.
Presión de vapor: 59 mm de Hg a 20 °C. Densidad de vapor: 1.59 g / ml
Temperatura de ignición: 363 °C
Punto de inflamación (Flash Point): 12 °C (al 100 %), 17 °C (al 96 %), 20 °C (al 80%), 21 °C (al 70 %), 22 °C (al 60 %), 24 °C (al 50 %), 26 °C (al 40 %), 29 °C (al 30 %), 36 °C (al 20 %), 49 °C (al 10 %) y 62 °C (al 5 %).
Límites de explosividad: 3.3- 19 %
Temperatura de autoignición: 793 °C.
Punto de congelación: -114.1 °C
Calor específico:(J/g °C): 2.42 (a 20 °C).
Conductividad térmica (W/m K): 0.17 (a 20 °C).
Momento dipolar: 1.699 debyes.
Constante dieléctrica: 25.7 (a 20 °C).
Solubilidad: Miscible con agua en todas proporciones, éter, metanol, cloroformo y acetona.
Temperatura crítica: 243.1 °C.
Presión crítica: 63.116 atm.
Volumen crítico: 0.167 l/mol.
Tensión superficial (din/cm): 231 (a 25 °C).
Viscosidad (cP): 1.17 (a 20°C).
Calor de vaporización en el punto normal de ebullición (J/g): 839.31.
Calor de combustión (J/g): 29677.69 (a 25 °C)
Calor de fusión (J/g): 104.6

El etanol es un líquido inflamable cuyos vapores pueden generar mezclas explosivas e inflamables con el aire a temperatura ambiente.

PROPIEDADES QUIMICAS:

Se ha informado de reacciones vigorosas de este producto con una gran variedad de reactivos como: difluoruro de disulfurilo, nitrato de plata, pentafluoruro de bromo, perclorato de potasio, perclorato de nitrosilo, cloruro de cromilo, percloruro de clorilo, perclorato de uranilo, trióxido de cromo, nitrato de fluor, difluoruro de dióxígeno, hexafluoruro de uranio, heptafluoruro de yodo, tetraclorosilano, ácido permangánico, ácido nítrico, peróxido de hidrógeno, ácido peroxodisulfúrico, dióxido de potasio, peróxido de sodio, permanganato de potasio, óxido de rutenio (VIII), platino, potasio, t-butóxido de potasio, óxido de plata y sodio.

En general, es incompatible con ácidos, cloruros de ácido, agentes oxidantes y reductores y metales alcalinos.

NIVELES DE TOXICIDAD:

LD₅₀ (oral en ratas): 13 ml/Kg

México:

CPT: 1900 mg/m³ (1000 ppm)

Estados Unidos:

TLV (TWA): 1900 mg/m³ (1000 ppm)

Reino Unido:

VLE: 9500 mg/m³ (5000 ppm)

Francia:

VME: 1900 mg/m³ (1000 ppm)

Alemania:

MAK: 1900 mg/m³ (1000 ppm)

Periodos largos: 1900 mg/m³ (1000 ppm)

Suecia:

Periodos largos: 1900 mg/m³ (1000 ppm)

Alcohol desnaturalizado:

LDLo (oral en humanos): 1400 mg/Kg.

LD₅₀ (oral en ratas): 7060 mg/Kg.

LC₅₀ (inhalado en ratas): 20000 ppm /10 h



1.1. Concepto de huella de carbono

Se entiende como huella de carbono "la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por efecto directo o indirecto por un individuo, organización, evento o producto".

- **Huella de carbono de una organización.** Mide la totalidad de GEI emitidos por efecto directo o indirecto provenientes del desarrollo de la actividad de dicha organización.
- **Huella de carbono de producto.** Mide los GEI emitidos durante todo el ciclo de vida de un producto: desde la extracción de las materias primas, pasando por el procesado y fabricación y distribución, hasta la etapa de uso y final de la vida útil (depósito, reutilización o reciclado).

Esta guía se centrará en el cálculo de la huella de carbono de una organización. En este sentido, conviene aclarar que el concepto de organización engloba a cualquier tipo de entidad que desee calcular su huella de carbono, ya sea una organización privada, una entidad pública, una organización sin ánimo de lucro, etc.

El análisis de huella de carbono proporciona como resultado un dato que puede ser utilizado como indicador ambiental global de la actividad que desarrolla la organización. La huella de carbono se configura así como punto de referencia básico para el inicio de actuaciones de reducción de consumo de energía y para la utilización de recursos y materiales con mejor comportamiento medioambiental.

La huella de carbono identifica la cantidad de emisiones de GEI que son liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad; permite identificar todas las fuentes de emisiones de GEI y establecer a partir de este conocimiento, medidas de reducción efectivas.

1.2. Huella de carbono de una organización. Alcances

Al referirnos a huella de carbono de una organización y a las fuentes emisoras que se analizan en su cálculo, recurrimos al término *Alcance*, clasificándolo en alcance 1, 2 y 3. Veamos a continuación qué significa esto.

En primer lugar, cabe indicar que las emisiones asociadas a las operaciones de una organización se pueden clasificar como emisiones directas o indirectas.

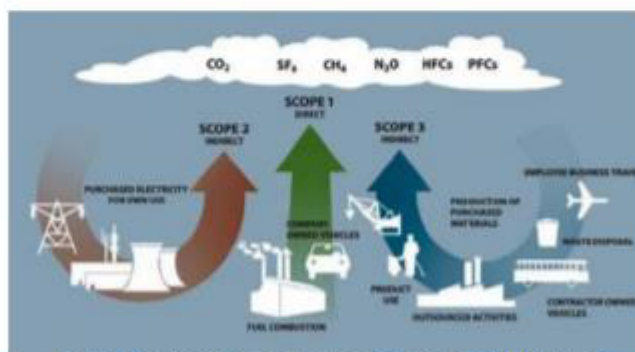
- **Emisiones directas de GEI:** son emisiones de fuentes que son propiedad de o están controladas por la organización. De una manera muy simplificada, podrían entenderse como las emisiones liberadas *in situ* en el lugar donde se produce la actividad, por ejemplo, las emisiones debidas al sistema de calefacción si éste se basa en la quema de combustibles fósiles.
- **Emisiones indirectas de GEI:** son emisiones consecuencia de las actividades de la organización, pero que ocurren en fuentes que son propiedad de o están controladas por otra organización. Un ejemplo de emisión indirecta es la emisión procedente de la electricidad consumida por una

organización, cuyas emisiones han sido producidas en el lugar en el que se generó dicha electricidad.

Una vez definidas cuáles son las emisiones directas e indirectas de GEI y para facilitar la detección de todas ellas, se han definido 3 alcances:

- **Alcance 1:** emisiones directas de GEI. Por ejemplo, emisiones provenientes de la combustión en calderas, hornos, vehículos, etc., que son propiedad de o están controladas por la entidad en cuestión. También incluye las emisiones fugitivas (p.ej. fugas de aire acondicionado, fugas de CH₄ de conductos, etc.).
- **Alcance 2:** emisiones indirectas de GEI asociadas a la generación de electricidad adquirida y consumida por la organización.
- **Alcance 3:** otras emisiones indirectas. Algunos ejemplos de actividades de alcance 3 son la extracción y producción de materiales que adquiere la organización, los viajes de trabajo a través de medios externos, el transporte de materias primas, de combustibles y de productos (por ejemplo, actividades logísticas) realizados por terceros o la utilización de productos o servicios ofrecidos por otros.

El siguiente esquema muestra gráficamente los citados alcances y los elementos que lo componen:



Esquema de los elementos que componen cada alcance. Fuente: GHG Protocol

Como se ha comentado anteriormente, las fuentes de GEI contempladas en esta guía son aquellas que se encuentran recogidas en los alcances 1+2.

Los alcances agrupan las fuentes emisoras de gases de efecto invernadero que puede tener una organización. Se distinguen 3 alcances: 1, 2 y 3.

1.3. Base metodológica de cálculo

En una primera aproximación puede decirse que el cálculo de la huella de carbono consiste en aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Huella de carbono} = \text{Dato Actividad} \times \text{Factor Emisión}$$

Donde:

- El **dato de actividad**, es el parámetro que define el grado o nivel de la actividad generadora de las emisiones de GEI. Por ejemplo, cantidad de gas natural utilizado en la calefacción (kWh de gas natural).
- El **factor de emisión (FE)** supone la cantidad de GEI emitidos por cada unidad del parámetro "dato de actividad". Estos factores varían en función de la actividad que se trate. Por ejemplo, en relación a la actividad descrita anteriormente (consumo de gas natural para la calefacción), el factor de emisión para 2017 sería 0,202 kg CO₂ eq/kWh de gas natural.

Como resultado de esta fórmula obtendremos una cantidad (g, kg, t, etc.) determinada de dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq).

EJEMPLO	Para un medio de transporte cualquiera:
	Emisiones = Combustible consumido x FE
	Emisiones = litros combustible x FE (CO ₂ eq/litro)

Las unidades en las que estén expresados los factores de emisión han de escogerse en función de los datos de la actividad de que se disponga. En esta guía se expondrán los factores de emisión referidos a las unidades que, con mayor frecuencia, definen los datos de las actividades en cada caso.

Por otro lado, cabe destacar a qué hace referencia el término **CO₂eq**, unidad utilizada para exponer los resultados en cuanto a emisiones de GEI. Los gases que se indican en el Protocolo de Kioto como máximos responsables del efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global, los denominados gases de efecto invernadero (GEI), son: el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido de nitrógeno (N₂O), los hidrofluorocarbonos (HFCs), los perfluorocarbonos (PFCs), el hexafluoruro de azufre (SF₆) y, desde la COP 18¹ celebrada en Doha a finales de 2012, el trifluoruro de nitrógeno (NF₃). Sin embargo, el CO₂ es el GEI que influye en mayor medida al calentamiento del planeta, y es por ello que las emisiones de GEI se miden en función de este gas. La t CO₂eq es la unidad universal de medida que

¹ La decimotercera Conferencia de las Partes sobre cambio climático en la que se ratificó el segundo periodo de vigencia del Protocolo de Kioto desde el 1 de enero de 2013 hasta el 31 de diciembre de 2020.

indica el potencial de calentamiento atmosférico o potencial de calentamiento global (PCG)² de cada uno de estos GEI, expresado en términos del PCG de una unidad de CO₂.

1.3.1. ¿Qué métodos existen para calcular la huella de carbono de organizaciones?

A continuación se presentan las normas y metodologías de mayor reconocimiento internacional, aunque debemos resaltar que existen muchas otras, como queda patente en los informes de la Comisión Europea³ donde se analizan las metodologías existentes a nivel internacional y europeo.

- *Greenhouse Gas Protocol Corporate Standard (GHG Protocol)*. Desarrollado por *World Resources Institute* (Instituto de Recursos Mundiales) y *World Business Council for Sustainable Development* (Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible), es uno de los protocolos más utilizados a escala internacional para cuantificar y gestionar las emisiones de GEI.
- *UNE-ISO 14064-1*. De acuerdo con el *GHG Protocol* se desarrolla en 2006 la norma ISO 14064 que se estructura en 3 partes. La que sería de aplicación para esta guía es la 14064-1 que especifica los principios y requisitos, a nivel de organización, para la cuantificación y el informe de emisiones y remociones de GEI. Las otras partes de esta norma se dirigen, por un lado, a proyectos sobre GEI específicamente diseñados para reducir las emisiones de GEI o aumentar la remoción de GEI (*ISO 14064-2*) y, por otro lado, a la validación y la verificación de los GEI declarados (*ISO 14064-3*).
- *UNE-ISO 14065: 2012*. Requisitos para los organismos que realizan la validación y la verificación de gases de efecto invernadero, para su uso en acreditación u otras formas de reconocimiento.
- *UNE-ISO 14069: 2013*. Cuantificación e informe de GEI para organizaciones. Constituye la guía para la aplicación de la *ISO 14064-1*.
- *IPCC 2006 GHG Workbook*. Una completa guía para calcular GEI provenientes de diferentes fuentes y sectores, y que incluye una detallada lista de factores de emisión. Esta guía se creó con el fin de servir de orientación para cuantificar las emisiones de GEI de los inventarios nacionales, pero puede ser de gran utilidad a la hora de calcular la huella de carbono de las organizaciones. Si no se dispone de factores de emisión específicos, el *IPCC 2006 GHG Workbook* proporciona factores de emisión genéricos que pueden servir para calcular la HC de una organización.
- *Bilan Carbone (Francia)*. La *Agence d'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie* (Agencia Francesa del Medio Ambiente y Gestión de la Energía), elaboró e implementó a partir de 2004 esta herramienta metodológica dedicada a la medición de emisiones de GEI. Se basa en los contenidos de *GHG Protocol* e *ISO 14064*.
- *Indicadores GRI (Global Reporting Initiative)*. Iniciativa internacional en la que participan entidades de diversos ámbitos, incluyendo empresas, gobiernos y diferentes organizaciones civiles. Su objetivo es establecer un marco de trabajo común a nivel mundial, con un lenguaje uniforme y

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA**

**SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
AUTOMOTRIZ**

**ESTUDIO DE LA COMBUSTION DE UN MOTOR AUSTIN 1.3L DE
ENCENDIDO PROVOCADO DURANTE LA INYECCION DE OXIDO
NITROSO**

**TESIS DE GRADO PREVIO A
LA OBTENCION DEL TITULO
DE INGENIERO MECANICO
AUTOMOTRIZ**

AUTOR: SANTIAGO SEBASTIAN VALDIVIESO POLO

DIRECTOR: ING. FERNANDO CHICA SEGOVIA

Cuenca – Ecuador

1.5. PRINCIPIO DE LA CONSERVACIÓN DE LA MASA

Primera Ley de la Termodinámica. Relación Aire-Octano AC

Las ecuaciones químicas que se plantean para las combustiones de los reactivos citados en el ítem anterior se llevan a cabo con el principio de la conservación de la masa o balance de masa que dicta: *La masa total de cada elemento se conserva durante la reacción química* aunque los elementos existan en compuestos diferentes en los reactivos y en los productos, es decir, *la masa total de un elemento específico en los productos es igual a la masa total de aquel elemento en los reactivos*; figura 10.

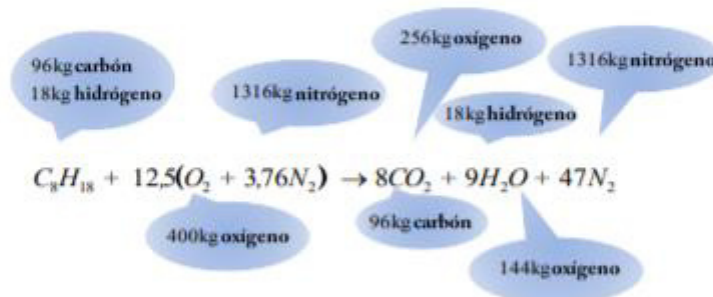


Figura 10: La masa de cada elemento se conserva durante la reacción química, por ende, el número de átomos.

Figura: Autor

También, la suma de las masas de los elementos en los compuestos de los reactivos, 1830 kg, es igual a la suma de las masas de los elementos en los compuestos de los productos. Todo esto indica que el número de átomos de cada elemento se conserva durante la combustión debido a que el número de átomos N de un elemento es el cociente de su masa m entre su masa molar M , figura 11.

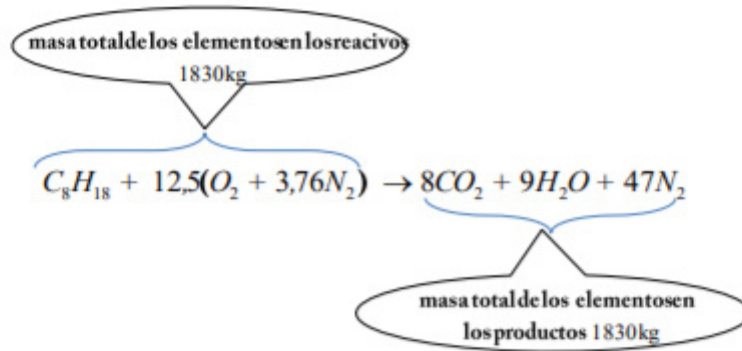


Figura 11: La suma de las masas de cada elemento en los compuestos de los reactivos es igual a la suma de las masas de cada elemento en los compuestos de los productos
Fuente: Autor

Lo que no se conserva durante la combustión es el número total de moles, así, en los reactivos es 60,5 kmol (el aire tiene 4,76 kmol ya que por 1 kmol de oxígeno que entra a la cámara de combustión, entran 3,76 kmol de nitrógeno) mientras que en los productos es 64 kmol, figura 12.

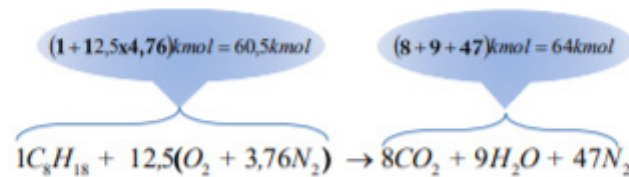


Figura 12: El número total de moles no se conserva durante la combustión
Fuente: Autor

Para los análisis de combustión se usará la proporción entre la masa del aire y la masa del combustible, conocida como la relación aire-combustible, justamente para cuantificar las cantidades del aire y octano.

$$AC = \frac{m_{\text{aire}}}{m_{\text{combustible}}} \quad (12)$$

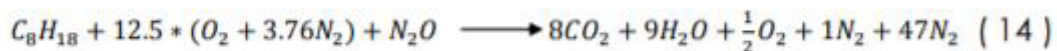
1.5.1. BALANCES DE MASA CON PRESENCIA DE ÓXIDO NITROSO

Para comenzar con los balances de masa en las ecuaciones químicas en las que aparece el óxido nitroso en los reactivos, ecuación 11, es necesario indicar que tal compuesto se descompone en un átomo de nitrógeno y medio átomo de oxígeno durante la combustión, así:



Tenga en cuenta que las ecuaciones químicas usadas para la combustión con óxido nitroso en los reactivos en ésta investigación no incluyen más combustible del que ingresa al múltiple de admisión por efectos de carburación, es decir, el ingreso de octano a los cilindros no varía.

La siguiente es una ecuación de combustión básica para incluir la presencia de óxido nitroso:



Para ésta ecuación con óxido nitroso se observa que aparece oxígeno no utilizado en los productos, $1/2O_2$.

1.6. COMBUSTIÓN TEÓRICA.⁷

Aire teórico

El presente estudio termodinámico de la combustión en un motor Austin 1.3L de encendido provocado durante la inyección de óxido nitroso, que contiene exceso de aire se muestra en la figura 13.

⁷ CENGEL Yunus A, BOLES Michael A, *Termodinámica*, cuarta edición, Mc Graw Hill, México, 2002, 829. Página 686

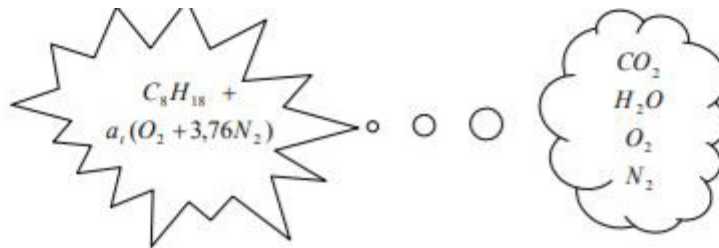


Figura 13: Los productos a la derecha indican que todo el combustible se quema, todo el carbón se transforma en CO_2 y todo el hidrógeno se transforma en H_2O .
Fuente: Autor

En la combustión teórica se entiende que todo el combustible se quema, todo el carbón se transforma en CO_2 y todo el hidrógeno se transforma en H_2O , y como a_1 es mayor a 12,5 $kmol$ en todos los regímenes en el funcionamiento del motor del Austin 1,3L, tabla 11, existe O_2 libre en los reactivos.

En el caso contrario, en la combustión real, figura 14, los productos contienen algo de combustible o componentes de combustible no quemados; C , H_2 , CO u OH , a parte de los compuestos citados en la reacción completa descritos en la figura 13.

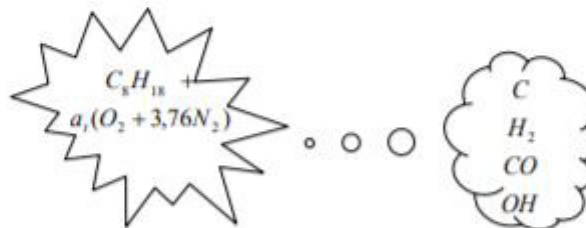


Figura 14: Los productos a la derecha, aparte de combustible o componentes no quemados se entiende que existe CO_2 , H_2O y N_2 .
Fuente: Autor

Ya que se supondrá combustión teórica, hay que sentar todas las bases en las que ésta sucederá:

- a) Mezcla homogénea de aire-octano, con lo que se considera que el oxígeno está en contacto con el combustible.
- b) No se considera la disociación entre los elementos del aire y el octano ya que a elevadas temperaturas aumenta, el oxígeno es atraído con más fuerza hacia el hidrógeno que hacia el carbón.



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICA

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO (IIP)

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL USO DE ETANOL
ANHIDRO EN MEZCLAS CON GASOLINA EN EL DISTRITO
METROPOLITANO DE QUITO**

ING. LILIANA GUZMÁN BECKMANN

DR. HELMER RODOLFO ACEVEDO GAMBOA

Trabajo presentado como requisito parcial para la obtención del grado de:

MAGÍSTER EN PROCESOS INDUSTRIALES

Quito – Ecuador

2013

1.2. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

En general se puede decir que el uso de los biocombustibles para satisfacer parcialmente la demanda de energía en el sector transporte puede producir un efecto positivo en las emisiones de gases de efecto invernadero siempre que se tomen otras medidas de control a nivel de ese sector.

De acuerdo a estudios efectuados por el Departamento de Energía de los estados Unidos de América y el Departamento de Agricultura¹, en los que se compararon los resultados de parámetros ambientales relevantes del biodiesel con los del diésel de petróleo bajo el enfoque total a lo largo de toda la cadena desde el recurso primario hasta el uso final, haciendo un inventario de los materiales utilizados, los recursos energéticos consumidos, el aire, el agua y los desechos sólidos y las emisiones generadas por el diésel de petróleo y biodiesel, con el fin de comparar los costos y beneficios durante el ciclo de vida de cada uno de los combustibles, se concluyó que el biodiesel presenta amplias ventajas en términos del balance neto de energía, eficiencia energética global, producción de residuos sólidos peligrosos y aguas residuales, emisiones de dióxido de carbono, monóxido de carbono, azufre, metano, partículas y hollín, siendo superiores únicamente en el caso de nitrógeno.

En el caso del etanol, también se observa una clara ventaja con respecto a la gasolina en las emisiones de CO₂ en el ciclo de vida del combustible, con una relación de 1 a 10 a favor del etanol, al igual que en aspectos relativos a toxicidad y seguridad al igual que el caso del biodiesel. Asimismo, en el mencionado estudio se infiere que no se prevén problemas en América Latina originados en

¹ USDOE-USDA. Inventario del ciclo de vida del biodiesel, 1998, citado en Biocombustibles y Alimentos en América Latina y el Caribe, Decio Luiz Gazzoni, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica 2009. Los estudios duraron 3 años y medio y siguieron los protocolos aprobados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos

una elevada proporción de monocultivos intensivos en relación a la tierra cultivada.

Algunos procesos de producción de biocombustibles son más eficientes que otros en cuanto al consumo de recursos y a la contaminación ambiental. La caña de azúcar requiere el uso de menos fertilizantes que el cultivo de maíz, por lo que resulta en una mayor reducción de gases de efecto invernadero respecto a los combustibles fósiles. Para lograr este resultado se deben aplicar técnicas agrícolas y estrategias apropiadas.

De acuerdo a un estudio presentado en 14^{vo} Congreso Internacional Anual De La Somim (2008) realizado sobre los efectos en emisiones gaseosas de HC, CO, CO₂ y O₂ durante la combustión gasolina-etanol en un motor de Combustión interna, deducen lo siguiente:

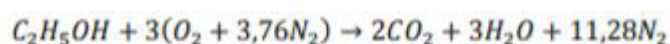
CO

La emisión de CO disminuye mientras se incrementa el contenido del etanol, lo que indica que la adición de etanol reduce considerablemente la concentración de emisiones de CO, alcanzando hasta un 90 % la reducción de emisiones de éste, teniendo sólo una dependencia, las condiciones de funcionamiento del motor. Cuando el etanol se agrega al combustible mezclado puede proporcionar más oxígeno para el proceso de combustión, y por consiguiente, reducir la emisión de CO.

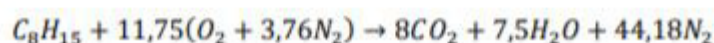
CO₂

En las ecuaciones se presenta la combustión ideal para el etanol (C₂H₅OH) y la gasolina (C₈H₁₅) respectivamente

Etanol:



Gasolina:



Resolviendo para el CO₂ en un análisis seco de gases de combustión:

% CO₂ debido a la combustión con Etanol

$$\frac{2}{2 + 11,28} \times 100\% = 15,06\%$$

% CO₂ debido a la combustión con Gasolina:

$$\frac{8}{8 + 44,18} \times 100\% = 15,33\%$$

Bajo condiciones ideales la emisión de CO₂ en proporción de gases secos de escape es ligeramente mayor en la gasolina, sin embargo, en condiciones reales de operación del motor se presenta la influencia del contenido de etanol en la gasolina respecto a la emisión de CO₂. Al tener presencia de oxígeno en la gasolina se mejora el proceso de combustión, y esto a su vez ocasiona un incremento en la emisión de CO₂ debido al exceso de oxígeno presente en la mezcla.

7.4 ANEXOS MATERIALES Y MÉTODOS

Anexo 30

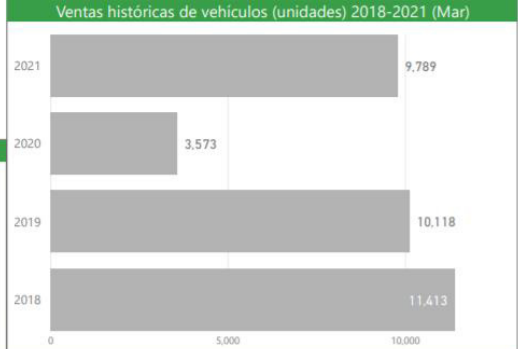
3-1 Specification

		NGA 6000	
Measuring item	CO, HC, CO ₂ , O ₂ , Lambda(air surplus rate), AFR, NOX (optional)		
Measuring method	CO, HC, CO ₂ : NDIR Method O ₂ , NOx : Electrochemical Cell		
Measuring range	CO	0.00 ~ 9.99%	HC
Resolution		0.01%	
Display		4 digit 7segment LED	
Measuring range	CO ₂	0.0 ~ 20.0%	O ₂
Resolution		0.1%	
Display		4 digit 7segment LED	
Measuring range	Lambda	0 ~ 2.000	AFR
Resolution		0.001	
Display		4 digit 7segment LED	
Measuring range	NOx (Option)	0-5000 ppm	
Resolution		1 ppm	
Display		4 digit 7segment LED	
Repeatability	Less than ±2% FS		
Response time	Within 10 seconds (more than 90%)		
Warming up time	About 2 ~ 8 minutes		
Sample collecting quantity	4 ~ 6 L/min		
Power	220V AC or 110V AC ±10% 50 / 60Hz		
Power consumption	About 50 W		
Operation temperature	0℃ ~ 40℃		
Dimensions	420 (W) × 298 (D) × 180 (H) mm		
Weight	About 6.9 kg		
Basic accessories	Probe, Probe hose, Spare fuse, Leak test cap, Spare filter, Operation manual, Power cord, RS232, Communication cable, Printer, Printer paper		

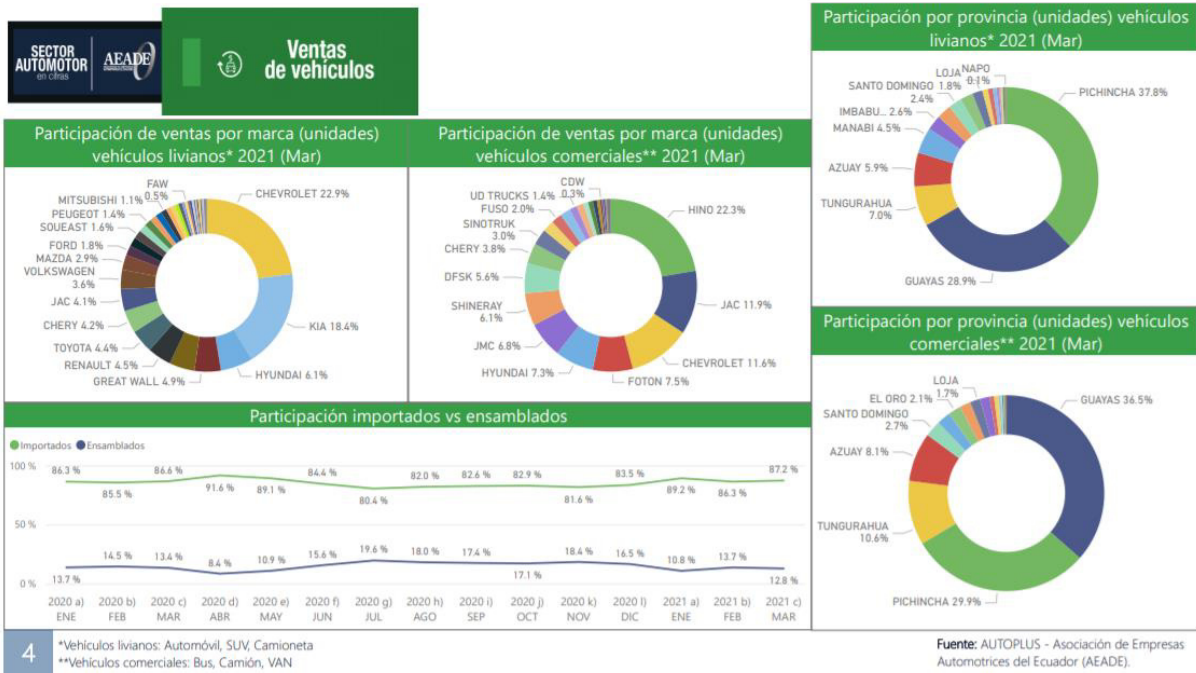


SECTOR AUTOMOTOR en cifras **AEADE**
Ventas de vehículos

Venta de vehículos por segmento							
Segmento	Mar 21	Mar 20	Ene-Mar 21	Ene-Mar 20	Var Mar/Feb 21	Var Mar 21/20	Var Ene-Mar 21/20
SUV	3,940	1,247	10,395	8,084	29.4 %	216.0 %	28.6 %
AUTOMOVIL	3,040	1,326	8,574	9,124	7.3 %	129.3 %	-6.0 %
CAMIONETA	1,612	540	4,247	3,334	26.7 %	198.5 %	27.4 %
CAMION	890	245	2,322	1,525	27.0 %	263.3 %	52.3 %
VAN	298	163	796	924	28.4 %	82.8 %	-13.9 %
BUS	9	52	46	206	-47.1 %	-82.7 %	-77.7 %
Total	9,789	3,573	26,380	23,197	20.9 %	174.0 %	13.7 %



Fuente: AUTOPLUS - Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE).



Anexo 32

INICIO	QUIÉNES SOMOS	SERVICIOS	LOTAIP	RENDICIÓN CUENTAS	HOY NO CIRCULA	PAC
--------	---------------	-----------	--------	-------------------	----------------	-----

La Revisión Técnica de Vehículos (RTV) tiene por objeto primordial garantizar las condiciones mínimas de seguridad de los vehículos basadas en los criterios de diseño y fabricación de los mismos. Además, permite comprobar que cumplan con la normativa técnica y que mantengan un nivel de emisiones contaminantes que no supere los límites máximos establecidos en la normativa vigente: INEN 2202, INEN 2203, INEN 2204, INEN 2205, INEN 2207, INEN 2349.

¿Para qué sirve?

La Revisión Técnica Vehicular es un conjunto inspecciones de un vehículo destinadas a:

- Reducir las fallas mecánicas.
- Mejorar la seguridad vial.
- Mejorar la capacidad de operación del vehículo.
- Reducir las emisiones contaminantes.
- Comprobar la idoneidad de uso.

La Revisión Técnica Vehicular es obligatoria para todos los vehículos que circulan en el Distrito Metropolitano de Quito. Los particulares deben aprobarla una vez al año. Deberán someterse a **dos** revisiones técnicas al año los vehículos de uso intensivo de carga y los que presenten servicio público de transporte comercial y de pasajeros. Este trámite a su vez sirve como requisito indispensable para los siguientes trámites:

- Renovación anual de matrícula
- Cambio de propietario
- Revisión Técnica Vehicular de vehículo nuevo
- Duplicado de matrícula
- Revisión Técnica Vehicular de vehículo rematado
- Revisión Técnica Vehicular de vehículo con cambio de servicio