

# El cambio climático y los biocombustibles

L. Patricia Garolera De Nucci\* y Gerónimo J. Cárdenas\*\*

Vivimos en una época de grandes transformaciones en el mundo: el permanente incremento de consumo de energía, fundamentalmente de origen fósil, debido a las actividades humanas, ha llevado a un aumento en la concentración de carbono en la atmósfera de la Tierra, con un impacto directo en el calentamiento del planeta que contribuye fuertemente a cambios en los patrones climáticos globales.

El calentamiento global y el cambio climático, junto a la necesidad de impulsar un crecimiento sostenible, son temas de permanente preocupación de científicos, tecnólogos y hasta de políticos de todo el mundo.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático lo ha definido como el cambio originado en el clima directa o indirectamente por la acción del hombre, lo que se suma a su variabilidad natural.

El Protocolo de Kioto es un instrumento jurídico internacional muy importante destinado a la lucha contra el cambio climático, con vigencia solo hasta el año 2012. Contiene compromisos asumidos por los países industrializados para reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero (GEI), responsables del calentamiento global: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorcarbonos (HFC), perfluorcarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

El aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero desde 1750 al presente, originadas fundamentalmente por acción del hombre (antropogénicos), está generando cambios climáticos en gran escala, tales como el aumento paulatino pero continuo de la temperatura, modificaciones en los patrones de lluvia, reducciones de las capas de hielo en los polos y altas cumbres y aumentos del nivel del mar y de la intensidad y número de eventos climáticos extremos, según un informe del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (IPCC, 2007).

La magnitud de estos fenómenos asociados al cambio climático impacta directamente sobre la economía mundial.

## Efecto invernadero antropogénico

El efecto invernadero es un fenómeno natural y beneficioso, ya que aporta la temperatura necesaria para la vida en la Tierra. Sin embargo el problema aparece cuando, debido a las actividades humanas, se produce un aumento en la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, lo que provoca el calentamiento global.

Algunos de estos gases, como el CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O, se producen tanto de forma natural como a través de procesos antropogénicos. Otros gases, por ejemplo los gases fluorados, se crean y emiten únicamente a través de actividades humanas.

El CO<sub>2</sub>, el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O se consideran gases de efecto invernadero de larga vida; son químicamente estables y persisten en la atmósfera por largos períodos de tiempo, ejerciendo influencia en el clima a largo plazo. El dióxido de carbono no tiene un período específico de vida, porque está en ciclo continuo con la atmósfera, los océanos y la biósfera terrestre, y su eliminación neta involucra una gama de procesos con escalas de tiempo diferentes.

La concentración atmosférica de estos gases se está incrementando continuamente, debido fundamentalmente a las cantidades de dióxido de carbono que se liberan como consecuencia de la quema de combustibles fósiles y la deforestación.

La cantidad de CO<sub>2</sub> establecida como límite máximo seguro en la atmósfera es de 350 partes por millón (ppm).

A comienzos de la era pre industrial, hacia el año 1750, la concentración de CO<sub>2</sub> era de alrededor de 280 ppm, mientras que hoy este valor asciende a 392,7 ppm, correspondiente al mes de agosto de 2011, según el Mauna Loa Observatory (MLO, 2011). Ello significa que ya se superó el valor de 350 ppm y se espera que este valor siga subiendo y alcance niveles peligrosos, si no se modifican con celeridad las causas de su elevada generación.

Este continuo aumento se debe, en gran parte, a la quema de combustibles fósiles en el transporte, procesos industriales como la producción de cemento y otros bienes y la generación de energía eléctrica,

\* Ing. Qca., Sección Ingeniería y Proyectos Agroindustriales, \*\* Ing. Qco., Programa Bioenergía, EEAOC.

aunque también es consecuencia de cambios en el uso agrícola del suelo, la deforestación y procesos naturales, como la descomposición de la materia vegetal.

En la Figura 1 se observa la variación del contenido de dióxido de carbono en la atmósfera a lo largo de los años. Se puede ver que en la última década, el incremento anual promedio ha sido de 2 ppm.

Cada uno de los gases de efecto invernadero afecta de manera diferente la atmósfera, permaneciendo allí durante un período de tiempo distinto. La concentración de estos gases se mide en unidades de CO<sub>2</sub> equivalentes (CO<sub>2</sub> eq.) para indicar el potencial de calentamiento global de cada uno de ellos, comparados con el del dióxido de carbono. Por ejemplo, el potencial de calentamiento global del metano, para un horizonte temporal de 100 años, es 21 y el del óxido de nitrógeno es 310, lo que significa que las emisiones de una tonelada métrica de metano o de óxido de nitrógeno son equivalentes a las emisiones de 21 y 310 toneladas métricas de CO<sub>2</sub>, respectivamente.

La temperatura media mundial es uno de los indicadores más citados del cambio climático y se obtiene a partir de la temperatura del aire en la tierra y la temperatura de los océanos.

La Figura 2 muestra las variaciones de temperatura en el tiempo y las concentraciones de CO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> equivalentes correspondientes, habiéndose considerado solamente dióxido de carbono, metano y óxido nítrico, ya que el resto de los gases están presentes en cantidades muy pequeñas y poco relevantes.

En el gráfico se puede observar cómo se incrementa la temperatura del planeta con el aumento de la presencia de gases de efecto invernadero en la atmósfera, mostrando una tendencia al calentamiento global. Sin embargo, estos aumentos de temperatura varían

de año a año, debido también a procesos naturales, tales como erupciones volcánicas (MLO, 2011).

A partir de la evidencia científica, se debería trabajar para que las cantidades de GEI en la atmósfera no produzcan un incremento de la temperatura en más de 2°C, lo que implica evitar en todo lo posible la liberación de estos gases. Este límite fue establecido en la conferencia de las Naciones Unidas celebrada en diciembre de 2009 en Copenhague.

### Informe Stern: la economía del cambio climático

Las consecuencias del cambio climático son significativas y se ven reflejadas en las actividades económicas, la población y los ecosistemas.

En 2007, el IPCC realizó una actualización de los costos económicos de la reducción de las emanaciones de GEI, usando una amplia gama de modelos. Determinaron que, para llegar a 2050 con un nivel estabilizado de esos gases, su concentración no debería superar las 450 ppm equivalentes de CO<sub>2</sub>. Para alcanzar este objetivo, es necesario que el PBI mundial caiga en un 5,5%, como consecuencia de una menor actividad económica que conlleve una disminución en el uso de energía de origen no renovable. Esta cifra en realidad no es muy grande, habida cuenta de lo que está en juego para la humanidad.

Otra estimación del costo es la reducción del PBI en un 2%, lo que implicaría la pérdida de un año de crecimiento del ingreso entre la fecha actual y el 2050 (Hamilton, 2010).

En 2005, el gobierno de Gran Bretaña designó a Nicholas Stern, quien había trabajado como economista del Banco Mundial, para conducir una revisión de la economía del cambio climático, la que condujo a la publicación del denominado Informe Stern. En él, se

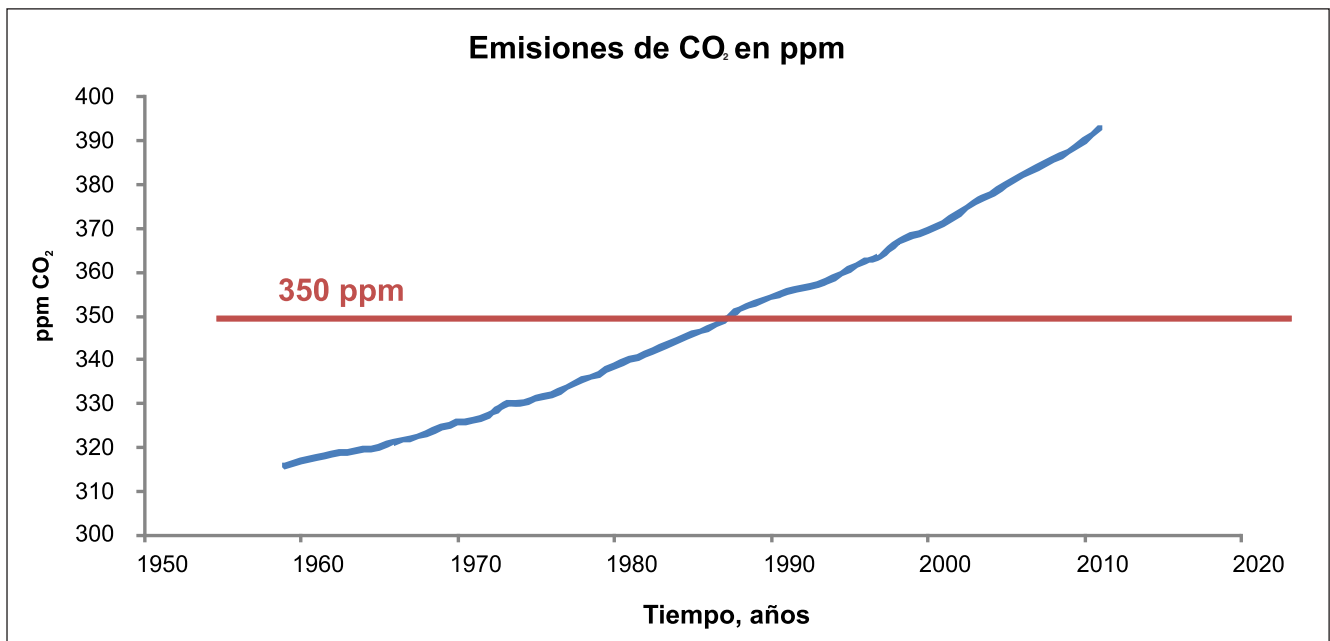


Figura 1. Evolución de la concentración de dióxido de carbono atmosférico en el mundo.

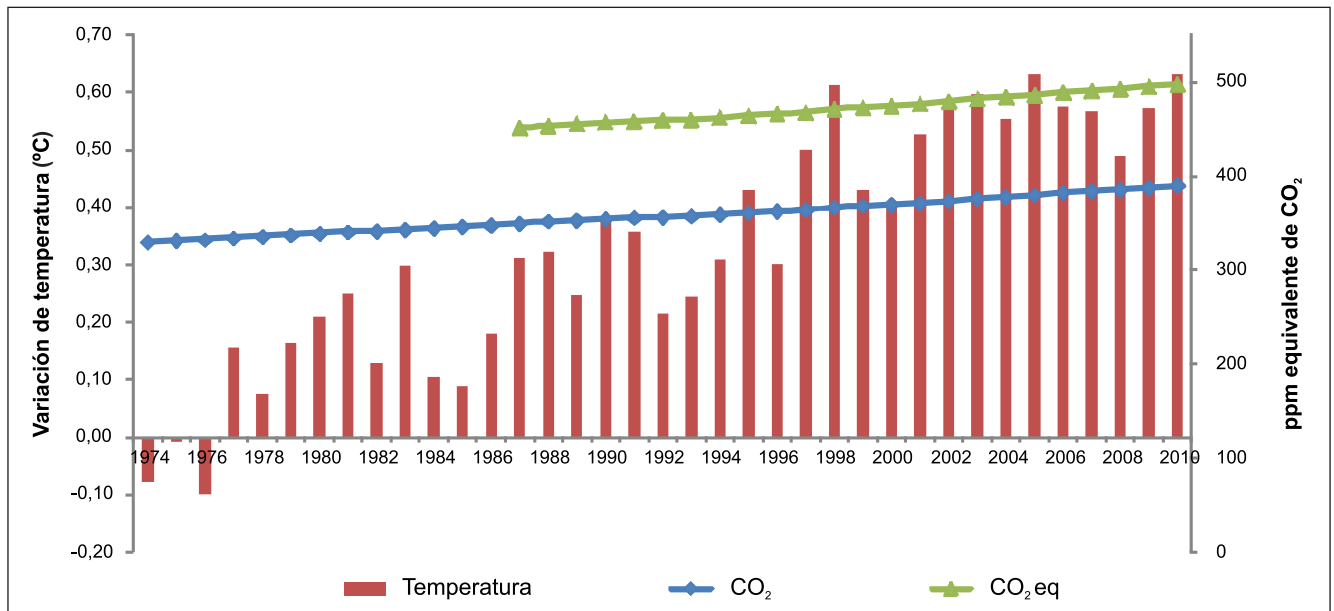


Figura 2. Variación de temperatura media mundial y concentración de gases de efecto invernadero en ppm equivalentes de CO<sub>2</sub>.

analiza el impacto del cambio climático y el calentamiento global en la economía a través de una perspectiva internacional, evaluándose también los costos de evitar incrementos de los GEI en la atmósfera.

Basándose en los resultados de modelos económicos, el mencionado informe estima que si no se actúa, los costos globales y los riesgos del cambio climático equivaldrán a la pérdida de al menos un 5% del PBI global anual. Teniendo en cuenta una mayor diversidad de riesgos e impactos, las estimaciones de los daños podrían alcanzar un 20% o más del PBI. Por otro lado, si la concentración de GEI en la atmósfera se duplica en relación a la que existía en la era preindustrial, habrá un aumento medio global de temperatura de más de 2°C, con probabilidades de que este incremento supere los 5°C a más largo plazo.

Actualmente, ya se superaron las 450 ppm CO<sub>2</sub> equivalentes de emisiones GEI, y según Stern, esto se debe a que han aumentado más rápido de lo calculado y que la capacidad del planeta para absorberlas es menor. Stern estima que el costo para limitar el CO<sub>2</sub> eq. en la atmósfera entre 450 ppm y 500 ppm alcanzaría el 2% del PBI global anual.

### Huella de carbono

La huella de carbono es una herramienta reconocida internacionalmente, que sirve para medir el impacto ambiental que producen los gases de efecto invernadero originados por las actividades humanas, equiparándolo al de la cantidad de dióxido de carbono equivalente.

La huella de carbono representa más de la mitad de la huella ecológica global y es la más significativa con respecto a su impacto directo en el cambio climático (Cárdenas y Garolera De Nucci, 2011).

De acuerdo al Protocolo de Kioto, es necesario

identificar las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero. Dichas emisiones pueden provenir de fuentes propias de la industria o utilizadas por esta, tales como la quema de combustibles, los procesos químicos, la generación de energía, calor o vapor y otras que son consecuencia de las actividades de la organización, como ser viajes, gestión y disposición de residuos, producción de insumos, etc.

### Consumo energético y biocombustibles

Las perspectivas energéticas en el mundo hasta el año 2035 dependen de la acción de los gobiernos y de cómo las políticas que se implementen puedan afectar la tecnología, el precio de los servicios energéticos y la conducta de los usuarios.

Es fundamental insistir en la necesidad de que los países desarrollados cambien sus hábitos de consumo, que demandan gran cantidad de combustibles fósiles no renovables, y que los países no desarrollados o en vías de desarrollo determinen estrategias para que su crecimiento se lleve adelante con tecnologías y procedimientos sostenibles, no agresivos para el ambiente, fundamentalmente basados en energías renovables.

Los estudios realizados por el IPCC muestran que las emisiones de GEI abordadas en el Protocolo de Kioto aumentaron aproximadamente un 70% desde 1970 a 2004, siendo el CO<sub>2</sub> la fuente con mayor crecimiento (aproximadamente el 80%). La mayor parte de este crecimiento proviene de la generación de energía eléctrica usando derivados del petróleo o carbón y del transporte terrestre. Las emisiones de metano aumentaron alrededor de un 40% desde 1970, debido al aumento de un 85% de la combustión y uso de combustibles fósiles. Sin embargo, la agricultura es la mayor fuente de emisiones de metano. Las emisiones

de óxido nitroso aumentaron en un 50%, debido principalmente al aumento del uso de fertilizantes y al crecimiento de la producción agrícola, mientras que las emisiones industriales de este gas disminuyeron durante este período (IPCC, 2007).

La Energy International Administration (EIA) consigna que del consumo total de combustibles líquidos a nivel mundial, el 53% correspondió al sector del transporte en el año 2007 y se incrementará, según sus proyecciones, a un 61% en 2035. Este uso de energía en el sector incluye la correspondiente al traslado de personas y bienes por vía terrestre, aérea y marítima. El crecimiento en el uso de energía para el transporte es el factor más importante en la evaluación de las tendencias futuras de la demanda de combustibles líquidos.

De la energía total que consume el planeta, aproximadamente el 30% se destina al sector del transporte, valor que en el caso argentino es del 28% (Secretaría de Energía de la República Argentina, 2011).

En la Figura 3 se muestran las emisiones de GEI por sector en el mundo para 2004, último año en que se elaboró este tipo de informe. Los gases considerados fueron dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y gases fluorados. Se observa que el suministro energético representó aproximadamente el 42% de las emisiones de GEI, la industria el 31%, el transporte (excluidos vehículos y maquinarias agrícolas que no se usan en carreteras) el 21% y los sectores residencial, comercial y de servicios el 7%.

El transporte se distingue de otros sectores consumidores de energía por su dependencia predomi-

nante del recurso fósil y por la imposibilidad de capturar las emisiones de carbono de los vehículos con tecnologías conocidas. Existen a nivel mundial técnicas de mitigación y programas de investigación y desarrollo de vehículos impulsados por celdas de hidrógeno, autos eléctricos e híbridos. Estos últimos, dotados de dos motores, uno eléctrico y otro de combustión interna o diesel, pueden desempeñar una gran función, aunque su penetración en el mercado argentino es pequeña.

La combinación de estas tecnologías con otras, incluida la sustitución de materiales, la reducción de la resistencia aerodinámica y al rodaje, la reducción de la fricción del motor y las pérdidas por bombeo, tienen potencial para duplicar, aproximadamente, el ahorro de combustible hacia el año 2030, reduciendo así casi a la mitad las emisiones de carbono por kilómetro transitado (estimación para automóviles nuevos y no para el promedio del parque automotor) (IPCC, 2007).

Actualmente, existen estrategias orientadas al control y estabilización de las emisiones de gases de efecto invernadero. Entre estas estrategias se encuentran los programas para reordenar el sector energético, fundamentalmente con la promoción de las energías renovables. La biomasa se presenta como un medio de reemplazo de combustibles fósiles para estabilizar las concentraciones de CO<sub>2</sub> equivalentes producidas y emitidas en la generación de energía. Uno de los mayores aprovechamientos actuales es el empleo del bagazo de caña de azúcar y el residuo agrícola de cosecha (RAC) como biocombustible para las calderas en los ingenios azucareros, capaz de proveer la energía necesaria para el proceso de produc-

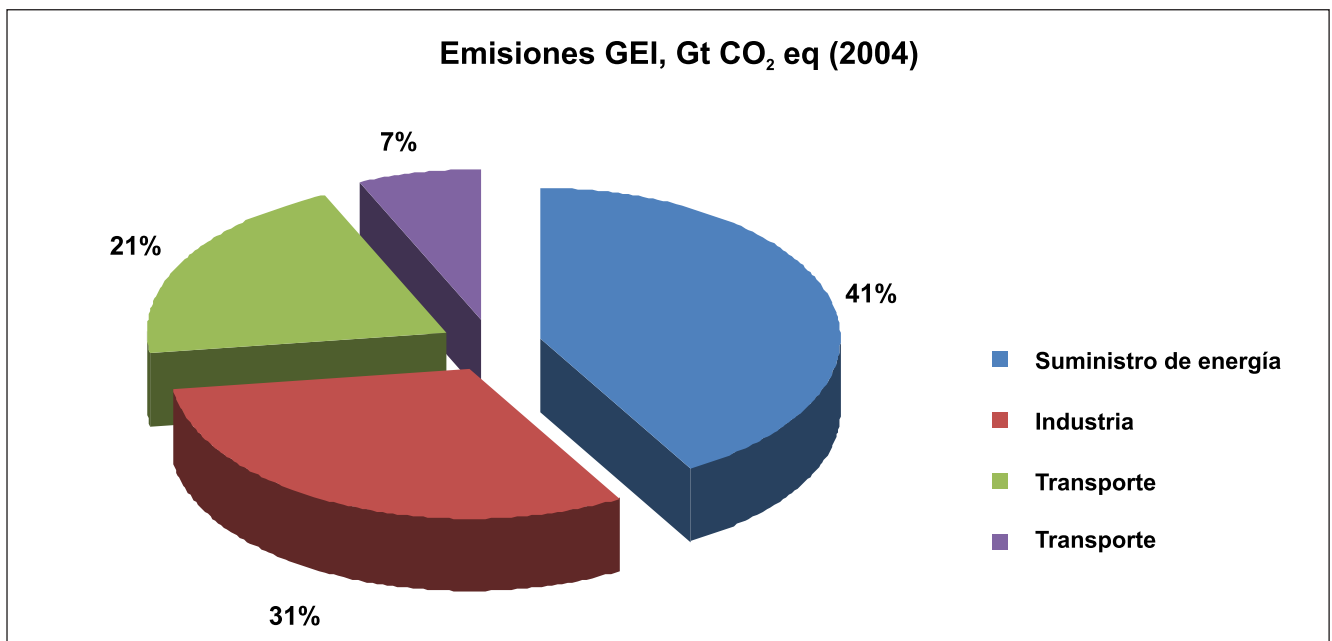


Figura 3. Emisiones de GEI por sector en el mundo, correspondientes al año 2004. Fuente de datos: IPCC, 2007.

ción simultánea de azúcar y alcohol. Además, con calderas más modernas, se pueden generar excedentes de electricidad para ser vendidos a la red pública nacional.

También, la producción y uso de biocombustibles en la industria automotriz es una alternativa viable y con significativo potencial de expansión en nuestro país.

Se espera que la demanda mundial de energía eléctrica se incremente con una tasa del 2,2% anual entre 2008 y 2035. La generación de electricidad está entrando en un período de transformación, ya que la inversión se destina a tecnologías con bajas emisiones de carbono, como consecuencia de los precios más elevados de los combustibles fósiles y de políticas gubernamentales para aumentar la seguridad eléctrica y limitar las emisiones de CO<sub>2</sub>. Globalmente, se proyecta que la cantidad de dióxido de carbono emitida por unidad de electricidad generada se reducirá en un tercio entre 2008 y 2035, debido al uso de energía nuclear, energías renovables y otras tecnologías de bajas emisiones (IEA, 2011).

En nuestro país se genera electricidad a partir de energía térmica, hidráulica y nuclear. Como se observa en la Figura 4, el mayor porcentaje tiene origen térmico, prevaleciendo los ciclos combinados en su generación.

Actualmente, los sistemas energéticos no solo deben ser renovables, sino también sostenibles. Por eso, es necesario analizar el ciclo de vida completo de los biocombustibles para poder conocer el potencial real de estos y así reducir los impactos ambientales, generalmente asociados con el uso de combustibles fósiles en algunas etapas del proceso global.

De acuerdo a la experiencia brasileña, el impacto de la producción de bioetanol de caña de azúcar en los recursos hídricos, el suelo y la biodiversidad, y el derivado del uso de agroquímicos,

entre otros, han sido atenuados a niveles tolerables e inferiores a los de la mayoría de otros cultivos agrícolas. El uso del etanol de caña de azúcar además permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en casi un 90%, contribuyendo de modo efectivo a mitigar el cambio climático.

### Consideraciones finales

Actualmente, se hace necesario adaptarse a las nuevas condiciones climáticas, producto de las acciones antropogénicas, y simultáneamente controlar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Todo esto implica costos económicos y modificaciones en los actuales patrones de producción, distribución y consumo y en los estilos de vida de la población mundial.

Hay muchos desafíos por superar para lograr un desarrollo energético saludable que asegure una nueva relación entre la naturaleza y el hombre. La agroindustria de la caña de azúcar presenta grandes posibilidades de diversificación de sus productos e incremento de las disponibilidades energéticas. En este sentido, el rol que puede jugar la caña de azúcar como proveedora de bioetanol, un combustible alternativo a las motonaftas, y de bagazo y RAC para generar energía eléctrica, puede ser de gran importancia para nuestro país, dotado de una amplia región con posibilidades para su cultivo.

Por otra parte, se deben disminuir los niveles de contaminación, planificando acciones correctivas, rápidas y sistemáticas, que permitan reducir significativamente las emisiones asociadas a diversas actividades humanas. Al disminuir el uso de combustibles fósiles y mejorar las prácticas agrícolas y forestales en todo el mundo, se podrá reducir considerablemente la concentración de dióxido de carbono y otros GEI en la atmósfera y evitar consecuencias climáticas que resultarán muy perjudiciales para la humanidad.



Figura 4. Generación de electricidad en la Argentina, a partir de diferentes tipos de energía. Fuente de datos: CAMMESA, 2011.



### Bibliografía citada

**Cárdenas, G. J. y L. P. Garolera De Nucci. 2011.** Sostenibilidad en la producción de biocombustibles. Avance Agroind. 33 (2): 39-43.

**Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico de Sociedad Anónima (CAMMESA). 2011.** Informe anual 2010. [En línea]. Disponible en <http://www.cammesa.com> (consultado 22 noviembre 2011).

**Hamilton, C. 2010.** Réquiem para una especie. 1. ed. Capital Intelectual, Buenos Aires, R. Argentina.

**Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007.** Cambio climático 2007: informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio

Climático. IPCC, Ginebra, Suiza.

**International Energy Agency (IEA). 2011.** World energy outlook 2010. Resumen ejecutivo. [En línea]. Disponible en [http://www.iea.org/weo/docs/weo2010/weo2010\\_es\\_spanish.pdf](http://www.iea.org/weo/docs/weo2010/weo2010_es_spanish.pdf) (consultado 17 octubre 2011).

**Mauna Loa Observatory (MLO). 2011.** The Global Anomalies and Index Data. Reporte Técnico. [En línea]. Disponible en <http://www.ncdc.noaa.gov/cmb-faq/anomalies.html> (consultado 28 septiembre 2011).

**Secretaría de Energía de la República Argentina. 2011.** Balances energéticos 2009. [En línea]. Disponible en <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366> (consultado 8 de noviembre 2011).

**afital**  
FERTILIZANTES FOLIARES Y ENMIENDAS  
**ESPECIALISTAS  
EN NUTRICION  
VEGETAL**

- ◆ ABONOS FOLIARES
- ◆ FOSFITOS
- ◆ CORRECTORES
- ◆ QUELATOS
- ◆ AMINOACIDOS
- ◆ BIOESTIMULANTES
- ◆ COADYUVANTES
- ◆ ENMIENDAS DE SUELO

Agro **EMCODI** SOCIEDAD ANONIMA

**PFG INTERNACIONAL S.A.**  
LAPRIDA - ESPAÑA

**ARRIAZU  
AGRO**

San Martín 1448 | 4000 | S.M. de Tuc  
Tél: (0381) 422 8591  
[arriazuagro@arriazuagro.com.ar](mailto:arriazuagro@arriazuagro.com.ar)  
[www.arriazuagro.com.ar](http://www.arriazuagro.com.ar)

