



**Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Avellaneda
Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial**

Director
Ing. Enrique María Filgueira

Av. Mitre 750 – Avellaneda
CP. 1870
4201-4133 Int. 124
utn.c3t@gmail.com
www.c3t.fra.utn.com.ar

“El Mercado de Carbono y el Ferrocarril”

Daniel Bossio
(ing_bossio@yahoo.com.ar)

**Agosto de 2011*

Desde hace tiempo, el fenómeno conocido como “efecto invernadero” se ha convertido en el gran protagonista de la problemática internacional que contempla la contaminación del medio ambiente. Este efecto se origina por la absorción en la atmósfera terrestre de las radiaciones infrarrojas emitidas por la superficie impidiendo que escapen al espacio exterior y aumentando así la temperatura media del planeta. Es esencial para la vida y de no existir este efecto, la temperatura promedio de la Tierra caería de 14º Celsius a 19º bajo cero. La intensificación del efecto invernadero en las últimas décadas, como consecuencia de los niveles más elevados de Gases de Efecto Invernadero (GEI) asociados a las actividades humanas ha provocado un incremento de la temperatura global con las considerables implicancias negativas para la humanidad y el entorno.

ÍNDICE

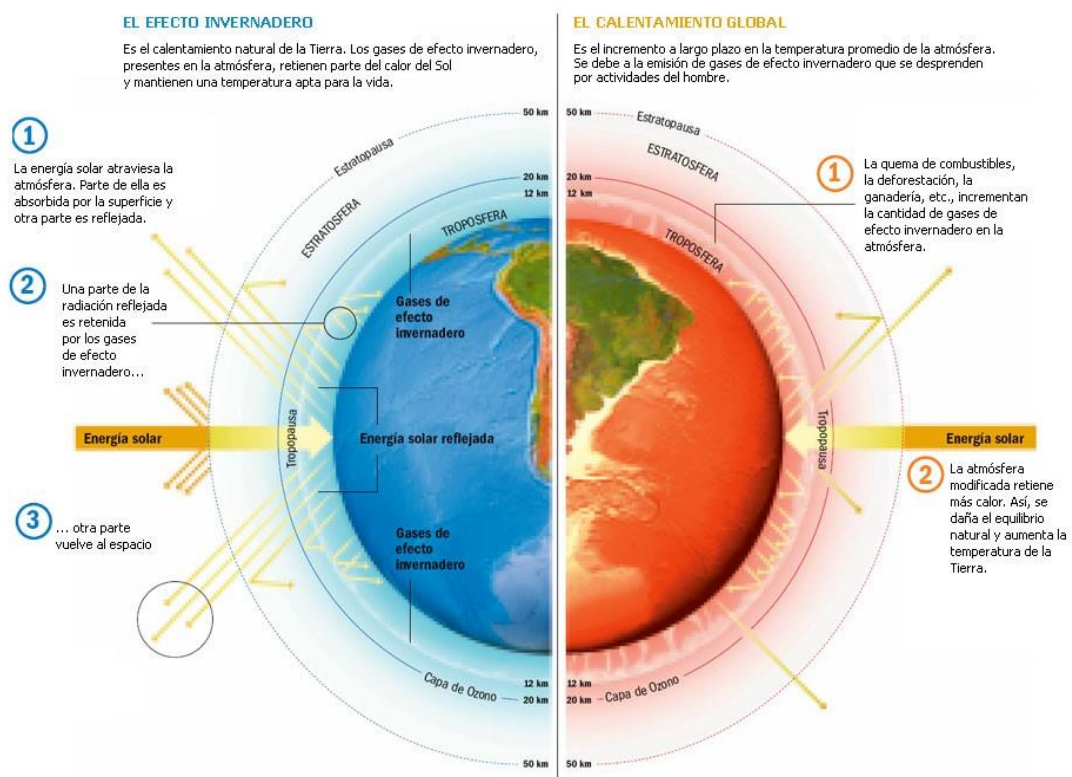
1.	Introducción	3
2.	Mercado de Carbono	4
3.	Mecanismo de Desarrollo Limpio	5
4.	Etapas de un Proyecto MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio).....	6
5.	El Mercado de Carbono y el Ferrocarril. Caso del FFCC Roca	8
6.	Antecedentes internacionales.....	10
7.	Conclusiones	11
8.	Bibliografía	14

1. Introducción

Desde hace tiempo, el fenómeno conocido como **“efecto invernadero”** se ha convertido en el gran protagonista de la problemática internacional que contempla la contaminación del medio ambiente.

Este efecto se origina por la absorción en la atmósfera terrestre de las radiaciones infrarrojas emitidas por la superficie impidiendo que escapen al espacio exterior y aumentado así la temperatura media del planeta. Es esencial para la vida y de no existir este efecto, la temperatura promedio de la Tierra caería de 14° Celsius a 19° bajo cero.

La intensificación del efecto invernadero en las últimas décadas, como consecuencia de los niveles más elevados de **Gases de Efecto Invernadero (GEI)** asociados a las actividades humanas ha provocado un incremento de la temperatura global con las considerables implicancias negativas para la humanidad y el entorno.



Fuente: <http://prevencionalmundo.wordpress.com>

2. Mercado de Carbono

Los efectos negativos derivados del cambio climático motivaron la reacción de muchos países desarrollados para asumir compromisos que limitan sus emisiones. Con el objeto de facilitar el cumplimiento de dichos límites se delineó la existencia y organización de un nuevo mercado mundial: el **Mercado de Carbono**.

Se trata de un mercado de dimensiones internacionales, sustentado en base a la generación, intercambio y comercialización de **Certificados de Reducción de Emisiones**, también conocidos como **CER**, "**bonos de carbono**" o "**bonos verdes**", que se incorporan a través de la normativa contenida en el **Protocolo de Kioto (PK)**.

A través del PK, los países desarrollados del mundo que ratificaron el acuerdo asumieron un compromiso legal y vinculante de reducir sus emisiones de GEI en un promedio de 5,2% con respecto a los niveles de emisiones del año 1990. Esta reducción de emisiones debe realizarse en el período 2008-2012 al finalizar el llamado "Primer período de compromiso".

Los países ratificantes del PK se denominan Partes y se agrupan según su grado de desarrollo como Países Anexo I y Países no Anexo I. El primer grupo se integra con países desarrollados que han adoptado compromisos de reducción de GEI y el segundo (al que pertenece Argentina) con países en desarrollo que, por este motivo, no han asumido obligaciones de disminución de emisiones pero que contribuyen al objetivo del Protocolo a través del desarrollo en sus territorios de actividades que reduzcan y/o absorban cantidades de GEI en la atmósfera.

El PK contempla la disminución de seis clases de GEI: dióxido de carbono (CO_2); metano (CH_4); óxido nitroso (N_2O); hidrofluorocarbonos (HFC); perfluoro carbono (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6). A estos gases se les asigna un potencial de generación de efecto invernadero que permite referenciar cada uno al CO_2 y así utilizar como unidad común de referencia el CO_2 equivalente.

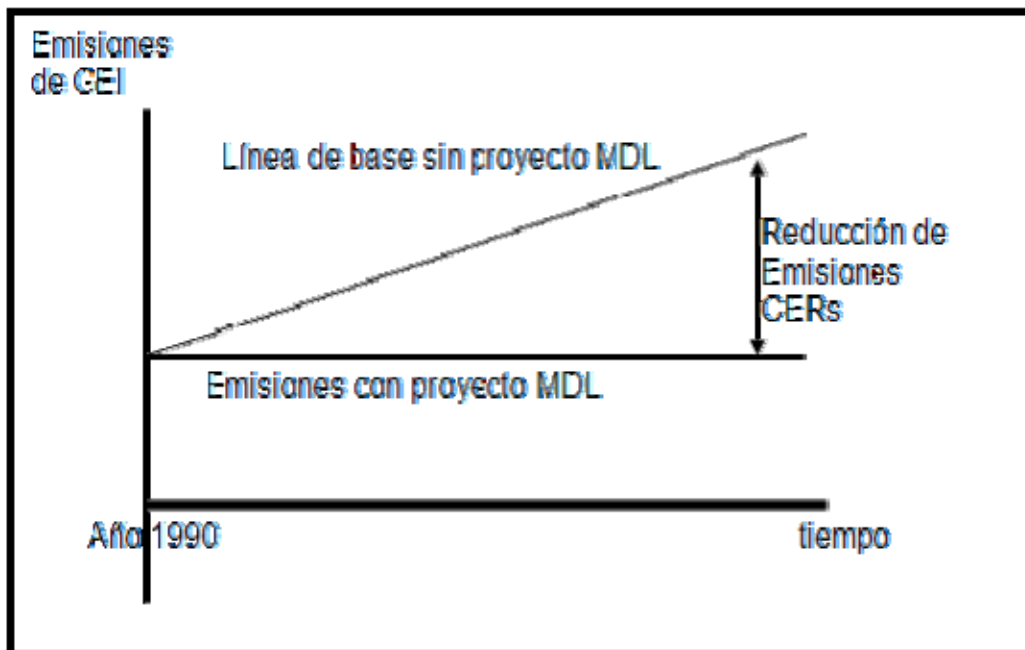
Un bono de carbono equivale a 1 tonelada de CO_2 equivalente que no es emitida a la atmósfera, como consecuencia de la implementación de un Mecanismo de Desarrollo Limpio.

3. Mecanismo de Desarrollo Limpio

El PK introduce tres mecanismos cuyo objetivo principal es ofrecer a las Partes medios para recortar las emisiones con menos gastos en el exterior que en el propio país, de los cuales el que presenta gran potencial para nuestro país es el **Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)**.

A través del MDL se promueve la realización de proyectos de reducción de emisiones de GEI en Países no Anexo I a cambio de certificados de reducción de emisiones (CER). Los CER derivados de estos proyectos pueden ser comercializados libremente y serán finalmente utilizados por las Partes del Anexo I para dar cumplimiento a las obligaciones asumidas en Kyoto.

Cualquier actividad que reduzca o absorba emisiones de GEI y quiera involucrarse en el MDL debe cumplir un procedimiento o ciclo regido por estrictas reglas nacionales e internacionales, compuesto por sucesivas etapas. Una vez que se certifican las reducciones de GEI logradas por el proyecto MDL, la Junta Ejecutiva ordena al Registro del MDL (con asiento en Naciones Unidas) la expedición de los CER correspondientes. Los CER pueden intercambiarse libremente en el mercado como cualquier *commodity*, siendo su cotización fluctuante de acuerdo a la oferta y demanda. Su valor actual ronda los 11 euros.



Fuente: Mario Perossa. *El MDL en Argentina*.

4. Etapas de un Proyecto MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio)

A través del MDL se promueve la realización de proyectos de reducción de emisiones de GEI en Países no Anexo I (países en desarrollo como Argentina) a cambio de certificados de reducción de emisiones (CER). Cualquier actividad que reduzca o absorba emisiones de GEI y quiera involucrarse en el MDL debe cumplir un procedimiento o ciclo regido por estrictas reglas nacionales e internacionales, compuesto por sucesivas etapas:

Diseño del Proyecto

Los Participantes del Proyecto deberán evaluar la actividad propuesta y los requisitos exigidos. A continuación deberán desarrollar el Documento de Diseño de Proyecto, de acuerdo a los lineamientos dados por la Convención Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas.

Aprobación Nacional

La actividad MDL debe ser aprobada por la Autoridad Nacional Designada, que es la Secretaría de Desarrollo Sustentable y Ambiente de la Nación, a través de la Oficina Argentina del MDL. Emite una Carta de Aprobación del Proyecto, que debe ser presentada a una Entidad Operacional Designada.

Validación internacional

Evaluación independiente del diseño por una Entidad Operacional Designada, registrada ante la Junta ejecutiva del MDL, a su vez respaldada por la ONU.

Registro

Aceptación oficial por la Junta Ejecutiva del MDL de un proyecto validado como proyecto MDL. Involucra el pago de un canon de registración.

Implementación del diseño

Puesta en marcha del proyecto por parte de los Participantes.

Monitoreo

Esta etapa incluye la recopilación y archivo de todos los datos necesarios para medir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del proyecto MDL en referencia a la línea de base y el cálculo de las reducciones de emisiones debidas al proyecto. Es efectuada por los Participantes.

Verificación y certificación

La verificación consiste en un examen independiente y periódico llevado a cabo por una Entidad Operacional Designada de las reducciones de emisiones monitoreadas.

La certificación es la declaración escrita de la Entidad Operacional Designada confirmando las reducciones de emisiones durante un tiempo determinado.

Emisión de CER

Expedición de los CER por la Junta Ejecutiva. Incluye una deducción de CER para gastos administrativos y asistencia al cambio climático en zonas vulnerables.

Distribución de CER y comercialización

Los CER se distribuyen entre los Participantes de acuerdo a lo convenido y son plena y libremente comercializables por sus titulares.



Fuente: ProChile. Servicios medioambientales

5. El Mercado de Carbono y el Ferrocarril. Caso del FFCC Roca

Dentro de las actividades humanas que producen GEI, se encuentran las emisiones derivadas de los gases de combustión de los motores presentes en los distintos medios de transporte del país.

No todos los medios de transporte generan la misma cantidad de GEI, pudiéndose afirmar que **la contribución del ferrocarril al calentamiento global es mínima** respecto a la del avión y el transporte automotor. Ej.:

Emisiones diarias de CO₂:

Avión:	180 gr/pasajero-km
Automóvil particular:	180 gr/pasajero-km
Autobús:	50 gr/pasajero-km
Ferrocarril:	15 gr/pasajero-km

*Fuente: Jesús Rodríguez Molina
Reparto modal: Transporte público vs. vehículo privado en Madrid*

A su vez, si consideramos las dos fuentes de tracción ferroviaria, tenemos que en principio es más sustentable ambientalmente el ferrocarril eléctrico, por su contribución mínima al incremento de la temperatura del planeta, no solo comparativamente al ferrocarril diesel, sino a todos los medios de transporte en general.

Aprovechando este concepto, se propone explorar la posibilidad de obtener **bonos de carbono a partir de la electrificación de una línea ferroviaria diésel**, tomando como caso al Proyecto de Electrificación del Ferrocarril Roca en su segunda Etapa.

Una aproximación que nos da idea de valores para el Proyecto es la siguiente:

Datos obtenidos de la línea Roca (fuente: UGOFE) correspondientes al año 2008 para 31 locomotoras:

Consumo anual de gasoil: 14.500.000 litros

(Tomando una densidad del gasoil de 0.85 gr/cm³ serían unas 12.325 toneladas/año)

Factor de emisión del gasoil tomado de la página web de la Secretaría de Desarrollo Sustentable y Ambiente de Nación para medios de transporte:

2,77 kg de CO₂/litro de gasoil consumido

Total de emisiones de CO₂ anuales:

14.500.000 l x 2,77 kg/l = 40.165.000 kg

40.165 TnCO₂/año

Se aclara que este cálculo no incluye la disminución de emisiones globales dada por la transferencia de pasajeros del transporte automotor al ferrocarril electrificado, inducida por una mejora en el servicio ferroviario. Tampoco se consideran las que emanan de un menor tiempo de espera por parte del transporte automotor en los pasos a nivel actuales que serían suplantados por pasos a distinto nivel.

En sentido contrario, a este valor hay que restarle las emisiones de CO₂ anuales generadas por la producción primaria de electricidad a partir de minerales fósiles que consumiría la línea electrificada. De acuerdo a esto tenemos:

a) Recorrido de los actuales coches Toshiba del sector ya electrificado para el año 2008:

25.845.540 km/año

Consumo de energía eléctrica durante el año 2008: **70.848 Mwh/año**

Consumo de energía eléctrica por kilómetro: **2,7412 Kwh/km**

b) Previsiones para el sector a electrificar:

Recorrido anual previsto: **31.604.643 km/año**

Estimando consumos similares, llegamos al siguiente valor: **86.634.647 Kwh/año**

(Este valor podría ser menor si se considera la mayor eficiencia energética dada por los motores más modernos de coches eléctricos nuevos)

Factor de emisión estimado para la red eléctrica nacional tomado de la página web de la Secretaría de Desarrollo Sustentable y Ambiente de Nación:

0,35 kg de CO2/Kwh consumido

Total de emisiones de CO2 anuales:

86.634.647 Kwh x 0,35 kgCO2/Kwh = **30.322.126 kg**

30.322 Tn CO2/año

Haciendo la diferencia:

40.165 Tn CO2/año - 30.322 Tn CO2/año = 9.843 Tn CO2/año

9.843 bonos de carbono / año

Cotización de los bonos: 11 Euros

9.843 bonos de carbono / año x 11 Euros/bono = 108.273 Euros / año

6. Antecedentes internacionales

Como antecedentes internacionales de proyectos MDL asociados al sector transporte registrados por la Convención Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas (UNFCCC), tenemos a los siguientes:

- *Cambio modal de transporte automotor a ferroviario para el transporte de automóviles fabricados en la planta de producción Maruti Suzuki India Ltd.*
India. Año de registro: 2011
- *Utilización de aceites vegetales para la elaboración de biocombustibles para vehículos.*
Paraguay. Año de registro: 2010
- *Implementación de un sistema de transporte masivo, eficiente y seguro por medio de autobuses rápidos en la ciudad de Chongqing.*
China. Año de registro: 2010

- *Construcción de seis cable-carril en la región montañosa de Medellín integrados con el Metro existente en la ciudad.*

Colombia. Año de registro: 2010

- *Instalación de material rodante de baja emisión de gases de efecto invernadero con freno regenerativo en el Metro de Nueva Delhi.*

India. Año de registro: 2007

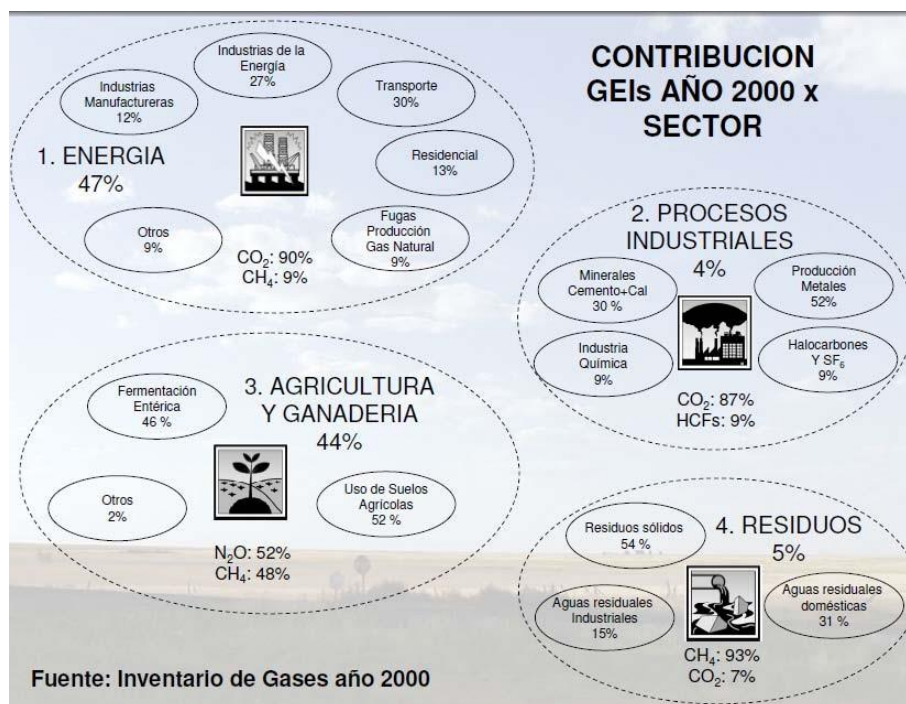
- *Implementación de un sistema de transporte masivo y sustentable basado en autobuses rápidos en la ciudad de Bogotá. (TransMilenio)*

Colombia. Año de registro: 2006

7. Conclusiones

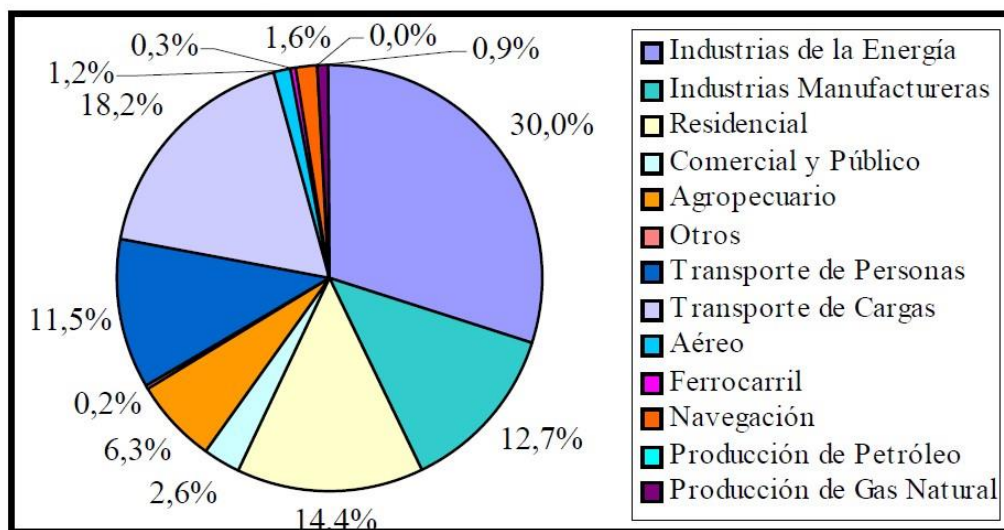
Al analizar la contribución del transporte al calentamiento global, se destaca la estrecha relación entre **transporte y energía**, es decir cómo voy a “alimentar” a ese sistema de transporte.

En Argentina esto puede observarse en el siguiente esquema que ejemplifica la contribución de GEI por sector, siendo el energético el que genera más emisiones:



Fuente: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.

A su vez, si discriminamos la participación de los principales componentes del Sector Energía en cuanto a emisiones tenemos que la participación del Ferrocarril es mínima con respecto a otros sectores. El detalle se puede apreciar en el siguiente diagrama:

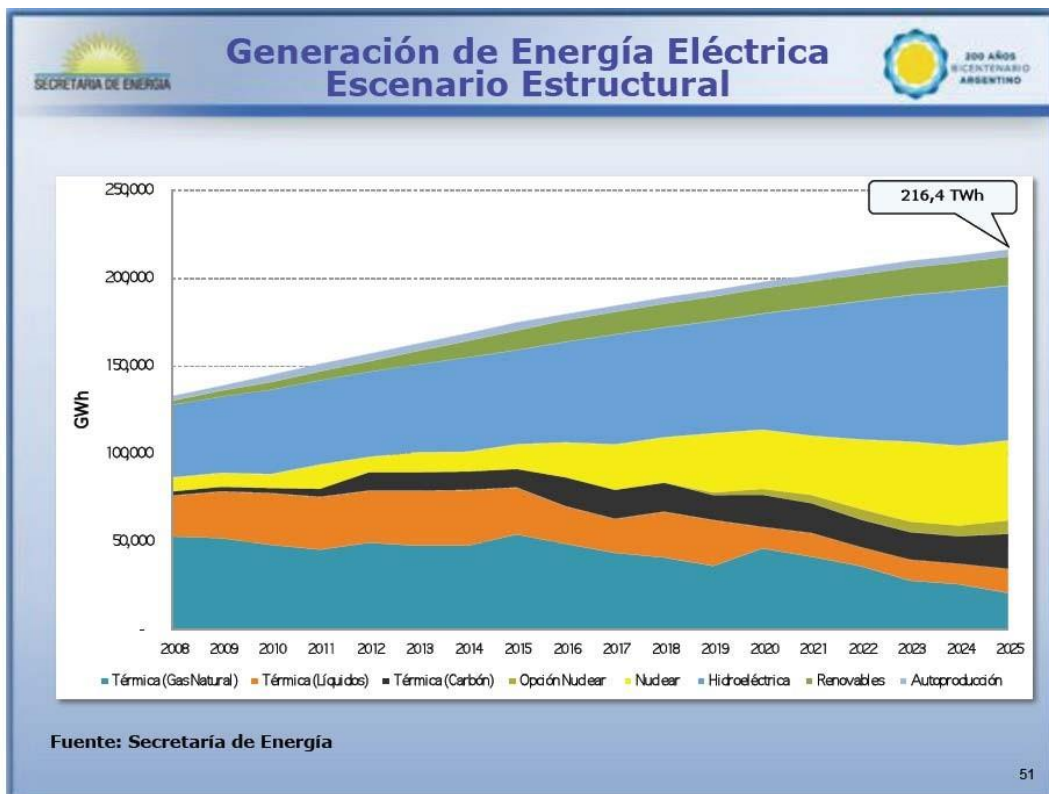
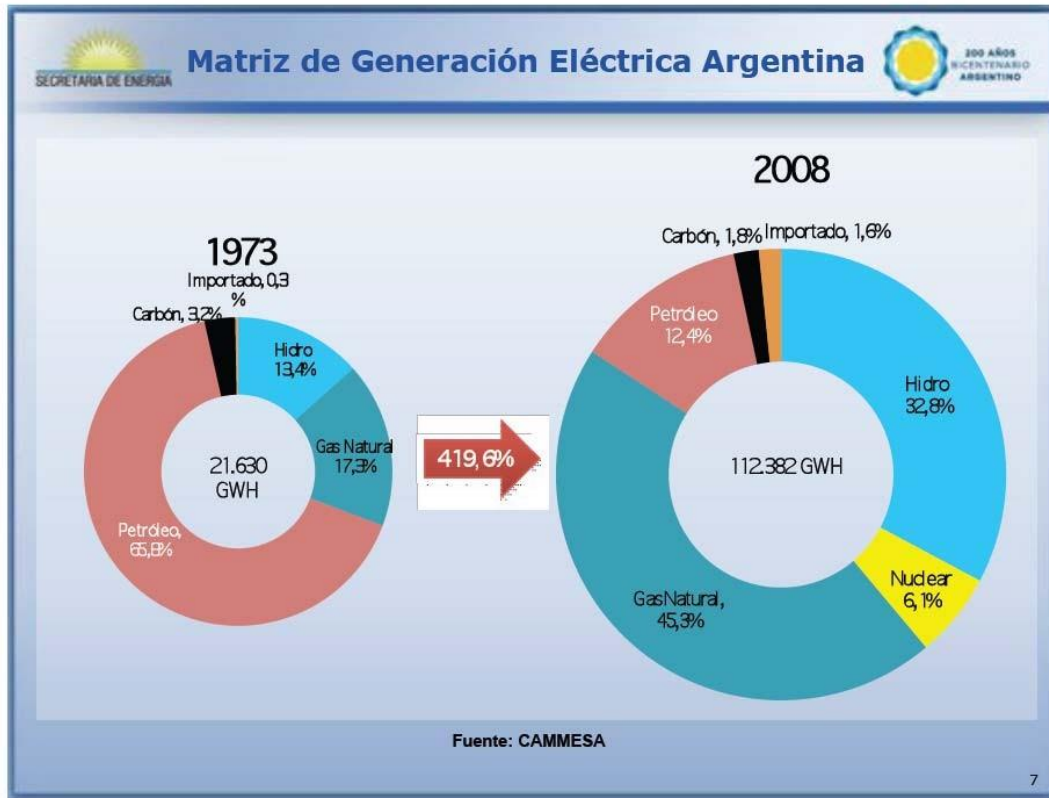


Emisiones de CO₂. Participación de los principales componentes del Sector Energía.
Fuente: Inventario GEI de la Rep. Argentina Año 2002.

El efecto positivo de la **electrificación de una línea ferroviaria diésel** es notorio a nivel local, tanto desde el punto de vista de reducción en la emisión de GEI, como de la supresión de los efluentes gaseosos contaminantes (que traen aparejados problemas de salud, especialmente respiratorios). A nivel global es necesario considerar como es la **matriz de generación primaria de energía eléctrica** que proveerá a la línea ferroviaria electrificada. Cuando incorporamos este factor, si bien es factible obtener bonos de carbono a raíz de este mecanismo, las Tn CO₂/año que se dejan de emitir ya no arrojan valores tan altos. A pesar de esta realidad, el ferrocarril sigue siendo el medio de transporte ambientalmente más sustentable, apreciación que es indispensable considerar en todo plan estratégico de transporte y direccionamiento de subsidios por parte del Estado.

Al respecto, se puede comentar la necesidad de promover políticas públicas que favorezcan las fuentes de energía renovables (solar, eólica, hidroeléctrica, mareomotriz) e intenten revertir el proceso de degradación ambiental de la matriz energética nacional, dado por el incremento del número de usinas térmicas que utilizan combustibles fósiles respecto a otras fuentes energéticas. Si bien la ecuación económica a corto plazo implica costosas inversiones, la potencialidad del país en cuanto a recursos naturales es enorme. Esta perspectiva de mejora de la matriz de generación de energía eléctrica en términos ambientales (acorde al escenario futuro proyectado para nuestro país por la Secretaría de

Energía de la Nación), implica una potencialidad futura para la reducción de las emisiones de CO₂ por parte del ferrocarril eléctrico y por lo tanto para incrementar la generación de bonos de carbono al modificarse el Factor de emisión de la red eléctrica nacional.



Como ejemplo a nivel internacional de la importancia que se le da a la energía renovable en el transporte de pasajeros, se puede mencionar el “túnel solar” de 3.4 km de largo que forma parte de la línea ferroviaria de alta velocidad París-Amsterdam inaugurado recientemente. Sus paneles generarán un estimado 3.300 MWh de electricidad al año, para aportar su energía a los trenes que pasan por debajo a 300 km/h. Se estima que ahorrarán 47,3 millones de kilogramos de emisiones de CO2 en dos décadas.

Como tema de actualidad, teniendo en cuenta los acontecimientos ocurridos en Japón, sería conveniente debatir sobre las necesidades de un país como Argentina de generar energía eléctrica a partir de usinas nucleares, teniendo en cuenta que si bien su contribución al calentamiento global es mínima, los riesgos ambientales ante una hipótesis (por más baja que sea) de fallas capaces de generar fugas radioactivas son enormes.

Independientemente de la tracción diésel o eléctrica, es muy importante tener en cuenta la **eficiencia energética de los motores** de locomotoras y coches eléctricos, así como de su mantenimiento y la implementación de normas de conducción económicas (aceleración-deriva-frenado), con el objeto de reducir las emisiones a la atmósfera. De esta manera se reducen los costos externos generados por calentamiento global, así como por gases y material particulado que afectan a la salud.

A su vez, para el caso particular de la tracción diésel, cabe destacar la importancia de acrecentar la participación del biodiésel como parte de una estrategia de transporte sustentable. Las perspectivas son inmejorables en un momento con altos precios del petróleo, crisis en los países productores (caso de Libia) y cuando todavía están en la memoria crisis ambientales como el derrame ocasionado por la explosión y hundimiento de la plataforma de BP en el Golfo de México el año pasado.

8. Bibliografía

El Calentamiento Global: Bonos de Carbono, una alternativa.

Nicolás Aversano Ticiano Temperini. 2006

El mercado de carbono en la Bolsa de Comercio de Buenos Aires. www.bcba.sba.com.ar

Protocolo de Kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. Naciones Unidas. 1998

Manual para el desarrollo de proyectos en el marco del mecanismo para un desarrollo limpio. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable

Dirección de cambio climático. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable

Carbon Finance at the World Bank: Community Development Carbon Fund.
<http://carbonfinance.org/>

Stern Review on the Economics of Climate Change, 2006.

United Nations Framework Convention on Climate Change, Clean Development Mechanism (CDM) <http://unfccc.int/2860.php>