

PROPUESTA DEL USO DE FUENTES DE BIOENERGÍA PARA MEJORAR CALIDAD DEL AIRE EN LA HABANA

Ricardo Manso Jiménez, Osvaldo Cuesta Santos, Ernesto Carrillo Vitale, Carlos Sosa Pérez

Instituto de Meteorología. Apartado Postal 17032, Loma de Casablanca, Regla. La Habana, Cuba,
ricardo.manso@insmet.cu

Resumen

El modelo energético mundial se caracteriza por un elevado crecimiento de la demanda de energía, lo que ha provocado un aumento del CO₂ y otros gases y partículas debido al creciente uso de combustibles fósiles para su suministro. Estudios recientes muestran el aumento de la eficiencia del uso de la bioenergía y un efecto menos contaminante de esta fuente. En el documento se exponen las emisiones de gases en todos los municipios de La Habana. El propósito de este trabajo es evaluar la diferencia entre el impacto en la calidad del aire y el clima cuando reemplazamos la quema de combustibles fósiles con fuentes de bioenergía. Existen varios métodos reportados por la literatura para determinar las emisiones consideradas por la biomasa quemada dependiendo del tipo de biomasa. La metodología del cálculo descrito ha sido desarrollada por varios autores. Los gases considerados son: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxidos de nitrógeno (NO_x) y óxido nitroso (N₂O). Este trabajo se centró en la sostenibilidad. Los datos de actividad utilizados se obtienen de fuentes nacionales. Se muestran los cálculos de los gases emitidos en ambos casos.

Palabras claves: calidad del aire, energías renovables, gases de efecto invernadero, cambio climático

Abstract

The global energy model is characterized by a high growth in energy demand, which has led to an increase in CO₂ and other gases and particulate due to the increasing use of fossil fuels for their supply. Recent studies show the increase of the efficiency of the use of bioenergy and less polluting effect of this source. In the paper the gas emissions are exposed in all the municipalities of Havana. The purpose of this paper is to evaluate the difference between the impact on air quality and the climate when we replace fossil fuel burning with bioenergy sources. There are several methods reported by the literature to determine the emissions considered by biomass burned depending on the type of biomass. The methodology of the described calculation has been developed by several authors. The gases considered are: Carbon monoxide (CO), Carbon dioxide (CO₂), Methane (CH₄), Nitrogen oxides (NO_x) and Nitrous oxide (N₂O). This work focused on sustainability. The activity data used are obtained from national sources. Calculations of the gases emitted in both cases are shown.

Key words: air quality, renewable energy, greenhouses gas, climate change.

Introducción

El modelo energético a nivel mundial se caracteriza por un crecimiento elevado de la demanda energética, lo que ha motivado un incremento de las emisiones de CO₂ y otros gases y partículas debido al uso creciente de combustibles fósiles para su suministro. La firma del acuerdo de París contra el cambio climático en 2015, fue

la primera vez en que los líderes mundiales acordaron medidas específicas para reducir los gases de efecto invernadero. De hecho, debe repercutir en una disminución de emisiones de contaminantes a la atmósfera. En Cuba, el sector de transformación de la energía provoca entre el 30 y el 35% de las emisiones de CO₂ [1].

Los estudios relacionados con la contaminación atmosférica presentan tres niveles atendiendo a su escala espacial y temporal. El nivel global que responde a la escala planetaria con efectos temporales de prolongada manifestación como las emisiones de gases de efecto invernadero y el calentamiento global. El nivel regional que responde a las características continentales o de grandes zonas rurales y marinas con manifestaciones de efectos temporales de semanas y meses como son los procesos de acidificación de la atmósfera, que modifican las características de los ecosistemas, específicamente los suelos y las aguas de uso agrícola. Y por último el nivel local relacionado con asentamientos urbanos o industriales con efectos inmediatos de la contaminación atmosférica sobre la salud humana y los ecosistemas.

El conocimiento cuantitativo de las emisiones de contaminantes y su dispersión en la atmósfera provocada por las principales fuentes fijas en la Habana y sus efectos potenciales en el medio ambiente es un importante paso en mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Estudios desarrollados en Europa (WHO, 2000), han demostrado la influencia de la exposición a niveles anuales promedios por debajo de 50 µg m⁻³ de SO₂ y niveles diarios que normalmente no exceden 125 µg m⁻³ en la mortalidad (total, cardiovascular y respiratoria), y en las admisiones de emergencia en hospitales por causas respiratorias totales y por enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

En Cuba [2] se encontró que el 16% de los pobladores de regiones urbanas en el país enfrentan una calidad del aire Deficiente o Mala, y otro 8% coexiste con categorías Pésima y Crítica, indicándose la necesidad de ejecutar estudios que conduzcan a identificar medidas apropiadas para la descontaminación en las localidades afectadas.

En la quema de combustibles fósiles, como el petróleo, la mayor parte del carbono es expulsado en forma de CO₂, otra parte menor en forma de CO, CH₄ o hidrocarburos en distintos del CH₄ los que se oxidan en la atmósfera a CO₂ en un periodo desde unos pocos días hasta una década. Sin embargo, la biomasa fue la primera fuente de energía utilizada por el ser humano. La biomasa se considera actualmente como la segunda fuente de energía más ecológica y sostenible del mercado, después de la energía solar. El objetivo del trabajo es mostrar como generando electricidad por una fuente de bioenergía sustituyendo la de quema de combustible fósil o incluso cogenerando electricidad es posible disminuir las emisiones sobre todo de compuesto de azufre y de nitrógeno, por lo que la calidad del aire mejoraría al usar estas fuentes alternativas. También es posible valorar otros impactos económicos y ambientales.

Materiales y Métodos

A falta de una red de estaciones de monitoreo de la calidad del aire para La Habana, donde actualmente, solo existen 3 puntos, Casablanca, en Regla, la que existe desde 1983 y dos desde 2015 una en el municipio San Miguel y otra en municipio Plaza, se recurrió a un proyecto que diera el grado de contaminación atmosférica en la capital. En una primera etapa, a un levantamiento todas las fuentes fijas de contaminación atmosférica para todos los municipios de la capital. Se obtuvo un relevante resultado científico “Caracterización de la calidad del aire en La Habana mediante el análisis del Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas”.

Este trabajo conllevó una serie de pasos, tales como: Crear un inventario de las emisiones de las principales fuentes fijas, realizar los cálculos de la dispersión de contaminantes teniendo en cuenta diversos escenarios, mediciones experimentales de calidad del aire en localidades seleccionadas, el análisis espacial de la

información y analizar los principales impactos potenciales al medio ambiente producto de las concentraciones esperadas.

La fuente de consulta más extensa para factores de emisión con base en procesos es el documento AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors [3] el cual contiene los factores de emisión determinados en Estados Unidos para una gran cantidad de actividades.

Los contaminantes principales estudiados son; Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Partículas (PM₁₀ Y PM_{2,5}), Monóxido de Carbono (CO) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COVDM)

Se utilizó la ecuación básica para el cálculo de la tasa de emisión está basada en:

$$E = A * FE * \left(\frac{100-RE}{100} \right) (1)$$

Donde:

E = Emisión (ton/año)

FE = Factor de emisión(ton/m³)

A = Nivel de intensidad de la actividad (consumo de combustibles, producción), en unidades de masa o volumen por tiempo (m³/año) es la eficiencia del dispositivo de control de la contaminación atmosférica (si está presente).

RE = factor de eficiencia de reducción del contaminante

Mostramos, en la tabla 1 los factores de emisión para los grupos electrógenos que fueron aplicados en el trabajo.

Tabla 1. Factores de Emisión para Grupos electrógenos (para 4 motores).

Contaminante	Factor de emisión (kg/m ³)		Referencia
	Fuel Oil	Diesel	
NO _x	42,59	17,0	CUJAE/CUBAENERGIA
SO ₂	22,43	16,0	CUJAE/CUBAENERGIA
PM	0,42	0,25	AP42/CUBAENERGIA
PM	0,21	0,125	AP42/CUBAENERGIA
CO	2,07	1,44	CUJAE/CORINAIR
COVDM	0,183	1,80	CORINAIR

Fuente: [4]

Resultados

En la tabla 2, se presenta de algunas especies contaminantes de la atmósfera calculadas a partir de los datos recogidos para cada fuente por un especialista o técnico del Centro de Contaminación y Química Atmosférica del Instituto de Meteorología, en colaboración con el experto asociado a la fuente.

Tabla 2. Emisiones de los contaminantes atmosféricos principales de los municipios de La Habana durante el 2010, en Toneladas al año (Ton/Año).

TIPOS FUENTES	NO₂	SO₂	PM₁₀	PM_{2,5}	CO	COVDM
Playa (1)	17,60	108,10	2,09	1,51	1,93	0,19
Plaza Revolución (2)	15,09	179,97	4,30	3,15	2,20	0,17
Centro Habana (3)	4,10	54,60	1,75	1,31	0,44	0,03
Habana Vieja (4)	574,59	2930,10	32,54	16,31	87,62	5,88
Regla (5)	5569,72	17831,91	591,71	333,95	4773,18	100,88
Habana del Este (6)	397,30	474,94	8,28	4,77	34,04	4,20
Guanabacoa (7)	8,22	97,34	2,26	1,68	0,99	0,08
San Miguel (8)	2,73	30,96	1,21	0,91	0,31	0,02
10 de Octubre (9)	68,04	95,33	3,11	2,30	1,50	0,12
Cerro (10)	15,30	183,24	5,51	4,12	1,91	0,14
Marianao (11)	146,16	42,22	0,85	0,54	2,14	0,22
La Lisa (12)	112,99	695,12	20,02	14,94	6,77	0,58
Boyeros (13)	109,75	113,43	1,90	1,02	9,32	1,16
Arroyo Naranjo (14)	58,92	169,80	3,85	2,70	5,38	0,61
Cotorro (15)	171,53	2085,20	1637,50	822,75	2340,62	5,76
Total	7272,07	25092,24	2316,88	1211,97	7268,35	120,05

Fuente: [4]

Resultados y Discusión

En la confección del inventario de emisiones del municipio Marianao se tienen en cuenta las 15 fuentes fijas fundamentales. En las emisiones de Marianao, se destaca el GE Habana 220, ubicado en las inmediaciones de la CUJAE, que es la mayor fuente emisora de contaminantes a la atmósfera en el municipio.

La mayoría de las fuentes fijas de Marianao se encuentran en su porción norte, como se puede apreciar en la zona de mayor población. Aunque se debe destacar que el GE Habana 220, que es el mayor emisor se encuentra al sur alejado de zonas densamente pobladas.

Para el caso del municipio Regla, su inventario de emisiones de contaminantes debido a sus fuentes fijas, está compuesto por 14 fuentes. Las fuentes principales se corresponden con la Refinería Níco López y el GE de Regla. Ambas ubicadas en las cercanías de zonas habitadas donde su influencia provoca efectos nocivos sobre la calidad de vida de la población [4].

Dada esta situación, nos percatamos de la necesidad de mejorar la calidad del aire en La Habana, por su repercusión en la salud, el medio ambiente y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. Por otro lado, las necesidades energéticas, siguen en aumento, por lo que se hace necesario, una evaluación de una sustitución de la quema del combustible fósil por otras más amigables.

En el caso de la capital, obviamente, debemos empezar por considerar a los municipios periféricos, pues será más fácil una sustitución de combustible o cambio de estructura. Además, un estudio revela que el consumo específico fue de 261,7 gramos de combustible (cantidad promedio de combustible necesario para generar un kilowatt) para todas las tecnologías. En el 2011 el factor de emisión asociado a la generación de electricidad en Cuba fue de 867 gCO₂/kwh. (valor elevado y se debe a la utilización generalizada de los combustibles fósiles y a

la obsolescencia e ineficiencia de algunas tecnologías empleadas en la generación eléctrica). Por lo mencionado, se hace necesario, aplicar nuevas tecnologías que tengan menos emisiones y sean, además o más eficientes [5].

Cada región tiene sus propias fuentes y las que presenta el mayor potencial pudiera ser la mejor en términos de factibilidad técnica, aunque no pudiera serlo en cuanto a factibilidad económica. La energía más limpia en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo de su vida útil es la eólica con 10 gramos de CO₂, luego le sigue la solar fotovoltaica con 32 gramos. La aplicación tecnológica del carbón es la que más emite con 960 gramos por kwh. La de gas natural emite 443 gramos por kwh [6].

La biomasa es un recurso doméstico, que no está afectado por fluctuaciones de precio a nivel mundial o a por las incertidumbres producidas por las fuentes de combustibles importados. Su poder calorífico depende mucho del tipo de biomasa considerada y de su contenido de humedad. Estas características, junto con un contenido insignificante de azufre, la convierten en un producto especialmente atractivo para ser aprovechado energéticamente.

Es necesaria una mayor cantidad de biocombustible que de combustible fósil para conseguir la misma cantidad de energía, lo que hace necesario mayor espacio para su almacenamiento. Además, los rendimientos de las calderas de biomasa son algo inferiores a los rendimientos de las calderas que utilizan combustibles fósiles y sus sistemas de alimentación y eliminación de cenizas son más complejos.

La clave para superar este inconveniente está en localizar el proceso de conversión de energía cerca de una fuente concentrada de biomasa. En nuestro caso seleccionamos en los municipios más alejados del centro de la ciudad, para proponer el uso de centrales bioenergéticas que pudieran actuar tanto sustituyendo grupos electrógenos como cogenerar electricidad para circunstancias que lo requieran.

Una central de biomasa es una instalación que permite el aprovechamiento de la biomasa para la producción de electricidad. Tiene un ciclo térmico similar al de las centrales térmicas convencionales: la energía calorífica que se produce en un determinado foco es transformada en energía mecánica rotatoria mediante una turbina y, posteriormente, en energía eléctrica a través de un generador. La diferencia está en que el combustible principal utilizado para producir la energía calorífica en el caso de las centrales de biomasa lo constituyen principalmente los residuos forestales, los cultivos de plantas energéticas, o los residuos agrícolas y en general orgánicos.

Las plantas bioenergéticas pueden producir generalmente entre 1y 50 MW en dependencia de como utiliza el combustible, la tecnología utilizada para el proceso en este tipo de Plantas les permite alcanzar una vida útil de más de 30 años, y en ese período al igual que otras plantas que utilizan el mismo tipo de equipos, son susceptibles de incorporar mejoras en su eficiencia derivadas de los avances tecnológicos que se produzcan.

En Estados Unidos, al menos en el estado de Massachusetts existen algunas plantas operando con quema de madera tales como; la Russell (50 MW), la Greenfield (47 MW), la Springfield (48 MW), la Pittsfield (40 MW) y la Fitchburg (15 MW) [7].

En Cuba, se tiene Proyecto Central Eléctrica de Biomasa Forestal “La Melvis”, dicha Central Eléctrica de biomasa forestal que se propone tendrá una potencia de 3 MW y se estima que funcione en régimen base durante aproximadamente 8000 horas al año, para una generación neta anual de 23280 MWh. La reducción de emisiones del proyecto será la diferencia entre las emisiones de línea de base y las emisiones del proyecto.

Las emisiones de gases de efecto invernadero corresponderán, por tanto, a un factor de emisión que, para el sistema eléctrico de la Isla de la Juventud, se estima de aproximadamente 0,8 tCO₂/kWh. Las emisiones de línea de base se estiman como: 23280 MWh * 0,8 tCO₂/Mwh = 18624 t CO₂/año. De forma preliminar se puede considerar estas emisiones no sobrepasarán las 1100 tCO₂/año. La reducción de emisiones del proyecto corresponderá por tanto a 17524 tCO₂/año.

Además, el contenido de azufre es muy inferior a los combustibles fósiles, por lo que su impacto será mucho menor en la calidad del aire y de las lluvias. Para demostrar esto, mostramos la tabla con los factores de emisión para la combustión de leña y bagazo. Podemos apreciar mejor si se compara la tabla3 con la tabla 1 ya mostrada.

Tabla 3. Factores de Emisión para combustión de leña y bagazo (Kg/1000 MJ)

Combustible	Especie SO_x	Especie NO_x	Especie PST
Bagazo en base seca	0,000	0,034	0,039
Leña	0,002	0,163	0,954

Fuente: [8]

En Cuba, según [1], se emitió por quema de biomasa para consumo energético en 2012 mostradas en la tabla 4.

Tabla 4. Emisiones por consumo de biomasa en Cuba.

Biomasa	Consumo (Mt)	EmisionesCO₂ (Gg)
Leña	1221,9	198,23
Carbón	34,0	3,87
Bagazo	4004,9	3 726,93

Fuente: [1]

Aunque, dentro de la biomasa que se quema, debemos considerar la quema sin control, tales como, incendios forestales, desechos agrícolas y quema de herbazales. Si bien las emisiones producto de los incendios forestales en el 2012, fueron apenas un 5 % de las emitidas por consumo de leña en el 2002llego casi al 40% producto de un gigantesco incendio en la Ciénaga de Zapata que duró varios días. Este incendio fue producto de la acumulación de biomasa producto de varios huracanes que recién habían cruzado por la zona y habían tumbado numerosos árboles. Esto tiene varios niveles de impacto desde el económico, por no aprovecharse las maderas, hasta ambientales, como pérdida de biodiversidad y emisiones de gases dañinos a la población y otros que contribuyen al calentamiento global.

La quema de combustibles de madera sólidos en fuego abierto sólo convierte el 5% de la energía potencial de la madera, mientras que el resto se pierde. No obstante, actualmente existen tecnologías capaces de incrementar su eficiencia hasta un 80% mediante sistemas combinados que utilizan madera para producir calor y electricidad.

Se estima que por la quema de biomasa aporta aproximadamente un quinto del total global de emisiones de CO₂ [9]. Solamente por quema de biomasa a nivel global fue de 675 ±240 Mg Hg/año, representando el 8,2 % de todas las fuentes tanto naturales como antrópicas.

Para nuestro país [10], se plantea que, para la transición energética en Cuba, es necesario hacer una serie de pasos que son:

- Disminuir la ineficiencia del sistema eléctrico

- Reducir la dependencia de combustibles fósiles
- Contribuirá la sustentación medioambiental
- Modificar la matriz energética de generación y consumo
- Incrementar la competitividad de la economía en su consumo
- Disminuir el alto costo de la energía que se entrega a los consumidores

En particular se propone que 57 centrales azucareros productores de electricidad con residuos de la producción azucarera. Se ha estudiado y proyectado la instalación de 755 MW mediante 19 bioeléctricas y produzcan más de 1900 GWh/año y dejen de emitir aproximadamente 1,7 millones de toneladas a la atmósfera de centrales azucareros.

A nivel mundial, la FAO, estima que, las iniciativas que se desarrollen para la producción de agroenergía a partir de la biomasa deben permitir: a) compatibilizar la seguridad alimentaria y la protección ambiental; b) ofrecer nuevas oportunidades a las comunidades rurales; y c) constituir una alternativa ecológica a los combustibles fósiles, por su capacidad de reducción de la emisión de gases de efecto invernadero [11,12].

Actualmente, existen calderas eficientes, con pocas emisiones de partículas y que reducen las emisiones de GEI a la atmósfera. La utilización de biomasa moderna nos permite aprovechar residuos forestales y agrícolas que no tienen otros usos. Por otro lado los bajos niveles de azufre en la mayoría de biomásas dan lugar a emisiones de SO₂ de 20 mg/MJ frente a los 900 mg/MJ de la utilización del carbón. En la tabla 5 mostramos algunas diferencias por el uso de biomasa y por uso de combustibles fósiles.

Tabla 5. Algunas comparaciones entre el uso de la biomasa y el de combustibles fósiles.

Uso de la biomasa	Uso de combustibles fósiles
Es abundante	Cada vez hay menos
Precios competitivos y estables	Constante variación de los precios
Cercana a la central	Viene de lugares más lejanos o del extranjero
Genera puestos de trabajo locales	Puede crear incertidumbres con el empleo
Menor riesgo a incendios	Riesgos a incendios
Emisiones casi nulas de SO ₂ y otros gases nocivos	Altas emisiones de gases nocivos
Las emisiones de CO ₂ pueden ser neutralizadas	Altas emisiones de CO ₂ y otros gases

Fuente: Elaborado por el autor.

El Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), insiste que la biomasa pudiera ser considerada carbono neutral, solamente si, han sido considerados, todos los impactos del uso de tierra. La extracción de árboles de un bosque debe ser de manera que el equilibrio del carbono sea estable y no dañe la capacidad global del bosque de capturar CO₂. "Es un error asumir que la Bioenergía es carbono neutral' por definición, depende con lo que usted lo reemplace" [13].

Dos factores importantes a la hora de determinar si la bioenergía reduce la presencia de carbono en la atmósfera en comparación con los combustibles fósiles son (i) dónde y (ii) cómo se produce y extrae la biomasa. En EE.UU., a partir del 2 de enero del 2011, la EPA consideró a los gases de efecto de invernadero como contaminantes sujetos a regulación bajo El acta de aire limpio (CAA) y ya en marzo del propio año tenían una Guía para determinar la mejor tecnología disponible para el control de la reducción de las emisiones de dióxido

de carbono en la producción de bioenergía. "Es un error asumir que la Bioenergía es carbono neutral' por definición, depende con lo que usted lo reemplace" [14].

El Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), insiste que la biomasa pudiera ser considerada carbono neutral, solamente si, han sido considerados, todos los impactos del uso de tierra. La extracción de árboles de un bosque debe ser de manera que el equilibrio del carbono sea estable y no dañe la capacidad global del bosque de capturar CO₂ [15].

Una vía para poder calcular cuan beneficioso sería aplicar un tipo de energía sobre otro, en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero sería este enfoque metodológico propuesto por Aquiles Neuenschwander [16].

Estimar las emisiones de la línea base. La Línea Base se define como el consumo de combustible que se hubiera utilizado en ausencia del proyecto, multiplicada por el coeficiente de emisión del combustible fósil que es desplazado. El proyecto sería: Generación a partir de biomasa para reemplazar generación en sitio en una planta agro-industrial, además de exportar energía excedente a la red eléctrica del país

Tabla 6. Base metodológica para estudiar posible reducción de emisiones de CO₂.

Línea Base	kWh de Electricidad Generada [kWh/yr	X	Factor de Emisión Estandarizado [t CO ₂ e/kWh]	=	Emisiones de CO ₂ por electricidad. [t/año]
Proyecto CDM	Total de Biomasa [TJ/año]	X	Factor de Emisión de Biomasa [t/TJ]	=	Emisiones de CO ₂ [t/año]

Fuente: Elaborado por el autor.

Conclusiones

El conocimiento de las emisiones atmosféricas es una valiosa herramienta de gestión ambiental y para la mitigación del cambio climático. Las emisiones de centrales de biomasa, tienen muy baja emisiones de SO₂ y si bien tienen altas de CO₂, pueden ser neutralizadas si se tiene un control cuidadoso del balance de carbono.

El uso sustentable de la bioenergía, disminuirían consumo de combustibles fósiles, disminuirían los incendios de mayor peligrosidad, tendría un impacto beneficioso en la economía, la sociedad y el medio ambiente.

Este trabajo tiene valor metodológico para abordar situaciones similares.

Los costos de la energía no reflejan a menudo las ventajas ambientales de la biomasa o de otros recursos energéticos renovables.

Agradecimientos

Los autores agradecen a todo el personal que participo en la toma de datos y posterior modelamiento, así como a todos los autores de artículos referenciados o no que han contribuido a mejorar nuestro trabajo.

Referencias

1. Carrillo E., R. Manso, C. Sosa, Y. González, A. León, A. V. Guevara, C. González, D. Boudet, M. Amárala, R. Biart I. López, D. Pérez, H. Ricardo, A. Mercadet, A. Álvarez, Y. Rodríguez (2015): "Emisiones y Remociones de Gases de Invernadero en Cuba. Reporte Actualizado para el Período 1990 – 2010". CITMA/AMA/Instituto de Meteorología. La Habana.
2. Cuesta, O., y Wallo, A. "Fuentes de contaminación atmosférica y su relación con la calidad del aire". Publicación Electrónica, ISBN, 978-959-261-317-1, Memorias de la Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura, Ciudad de la Habana, 29 noviembre al 3 de diciembre de 2010.
3. U.S. EPA, 1995^a. AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors
4. Cuesta, Osvaldo, Mariam Fonseca, Raydel Manrique y Ernesto Carrillo. "Evaluación de la calidad del aire en ciudades de Cuba". Publicación Electrónica, ISBN, 978-959-282-079-1, Memorias de la Convención Internacional Trópico 2012, La Habana, 14 – 18 de Mayo de 2012.5.
5. Arrastía Ávila Mario A. Energía y Tu No 70. 2015 ISSN 1028-9925. Electricidad y emisiones de CO2.
6. Special Report of the intergovernmental panel on Climate Change .Renewable Energy Sources and Climate Change . 2012 pg7 ISBN 078-1-107-02340.
7. Chris Matera, P.E. www.maforests.org ,christoforest@maforests.org ,www.maforests.org/Biomess.pdf.
8. Sistema de Información para la evaluación ambiental de sectores productivos .Convenio UIS-IDEAM, 1999. Colombia.
9. Sandberg, D. V., R. Ottmar, J. Peterson y J. Core. (2002): Wildland fire on ecosystems: effects of fire on air, Corvallis, OR., For. Service Gen. Tech. Rep. , RMRS GTR-42-vol. 5. 79 p.
10. Moreno Figueredo Conrado: La transición energética en Cuba: Energía y Tu. No 70. 2015 ISSN 1028-9925 Actualidad de las Fuentes Renovables en Cuba.
11. Metz, B. et al. (Eds.) La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono. Informe especial del IPCC. WMO-UNEP, Geneva, Switzerland. [en línea] <http://www.ipcc.ch>. [Consulta: 23-11-2008]. 2005 [tp://www.fao.org/foodclimate/hlc-home/es/](http://www.fao.org/foodclimate/hlc-home/es/). [Consulta: 13-04-2009]. 2008^a.
12. FAO. Oportunidades y desafíos de la producción de biocombustibles para la seguridad alimentaria y del medio ambiente en América Latina y el Caribe. 30^a conferencia regional de la FAO para América Latina y el Caribe. FAO. Brasilia D.F. 8 p. 2008c.
13. IPCC, 2007: "Cambio Climático 2007 – Mitigación del Cambio Climático. Contribución del Grupo de Trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC". ISBN 92-9169-321-9. Países Bajos. pp. 122.
14. [https://yosemite.epa.gov/sab/SABPRODUCT.nsf/0/3235DAC747C16FE985257DA90053F252/\\$File/Frame-work-for-Assessing-Biogenic-CO2-Emissions](https://yosemite.epa.gov/sab/SABPRODUCT.nsf/0/3235DAC747C16FE985257DA90053F252/$File/Frame-work-for-Assessing-Biogenic-CO2-Emissions)
15. IPCC (Ed.) (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis, WGI Fourth Assessment Report, Cambridge University Press, Cambridge. 16. Aquiles Neuenschwander A. CUANTIFICACION DE EMISIONES EN PROYECTOS DE BIOENERGIA. Buenos Aires 19 Febrero 2009 Aquiles Neuenschwander A.aquilesn@fia.gob.cl.