



NOTA DE ESTUDIO

CONFERENCIA SOBRE LA AVIACIÓN Y LOS COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS

Río de Janeiro, Brasil, 16 - 18 de noviembre de 2009

Cuestión 1 del

orden del día: Sostenibilidad e interdependencias en materia de medio ambiente

CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DURANTE EL CICLO DE VIDA DE LOS COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS PARA REACTORES

(Nota presentada por los Estados Unidos)

RESUMEN

Los combustibles alternativos para reactores producidos a partir de fuentes renovables ofrecen la posibilidad de reducir el impacto de la aviación en el cambio climático mundial. Sin embargo, para determinar si el biocombustible, o cualquier otro combustible alternativo, es beneficioso o perjudicial para el clima, es necesario contabilizar todas las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), durante el ciclo de vida, desde los pozos, las minas o los campos donde se obtiene la materia prima hasta la estela de las aeronaves. En esta nota de estudio se presenta información sobre el empleo del análisis del ciclo de vida para calcular las emisiones de GEI.

Las conclusiones propuestas a la conferencia figuran en el párrafo 7 y las recomendaciones en el párrafo 8.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Cuando se crean a partir de recursos renovables, los combustibles alternativos de sustitución directa viables actualmente, ofrecen la posibilidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de la aviación. Esta reducción no se debe a un cambio en la composición del combustible ni a un cambio en el rendimiento del motor, sino que a un cambio en las emisiones de GEI que resultan de la extracción, producción y combustión del combustible alternativo. Mediante el cálculo de las emisiones de GEI durante el ciclo de vida que se inicia en el pozo, la mina o el campo donde se extrae la materia prima del combustible y se prolonga hasta la estela que producen las aeronaves, es posible determinar el cambio en las emisiones de GEI que resultan de la utilización de los combustibles alternativos.

1.2 Los combustibles a base de queroseno paraafínico sintético (SPK) obtenidos por síntesis de Fischer-Tropsch (F-T) y los combustibles renovables hidroprocesados para reactores (HRJ) obtenidos por hidroprocesamiento de aceites renovables tienen una composición molecular similar a la de los combustibles convencionales para reactores. La combustión de combustibles SPK genera cerca de 4% menos de emisiones de CO₂ (por unidad de masa de combustible) en comparación con los combustibles convencionales para reactores (1).

1.3 Dependiendo de la materia prima que se utiliza en la producción del combustible y de los pormenores del proceso de extracción y producción, las emisiones del GEI durante el ciclo de vida de un combustible SPK pueden variar en dos órdenes de magnitud. Si se utilizan exclusivamente productos de desecho para crear el combustible y para obtener la energía que requiere su proceso de producción, las emisiones podrían reducirse a un décimo de aquéllas del combustible para reactores convencional; sin embargo, si la extracción y la producción del combustible exigen la conversión de terrenos con grandes reservas de carbono, las emisiones podrían resultar ocho veces mayores que las del combustible para reactores convencional (1). Estas diferencias podrían ser considerablemente superiores al 4% mencionado en el párrafo anterior.

1.4 En esta nota de estudio se presentan los aspectos clave de la utilización del análisis del ciclo de vida para calcular las emisiones de GEI procedentes de los combustibles alternativos para reactores (2) y al mismo tiempo se destaca la investigación en curso en los Estados Unidos y Europa para calcular las emisiones de GEI durante el ciclo de vida de estos combustibles.

2. CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DURANTE EL CICLO DE VIDA DE LOS COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS PARA REACTORES

2.1 El análisis del ciclo de vida (ACV) es una recopilación y evaluación de insumos, productos y posibles repercusiones en el medio ambiente de un sistema de productos en su ciclo de vida completo (3, 4). Aunque un ACV de combustibles alternativos para reactores puede incluir una evaluación de las repercusiones en el medio ambiente de la extracción de recursos, la producción de combustible y su combustión, en la calidad del aire y del agua y en el cambio climático mundial, el enfoque se centra aquí en la creación de un inventario de las emisiones de GEI durante el ciclo de vida de los combustibles, es decir desde la extracción hasta la combustión.

2.2 Las emisiones de GEI durante el ciclo de vida incluyen las emisiones generadas desde la extracción de las materias primas hasta la combustión del combustible por la aeronave. Este ciclo puede dividirse en cinco etapas: (1) *adquisición de las materias primas*, (2) *transporte de las materias primas*, (3) *producción del combustible a partir de las materias primas*, (4) *transporte del combustible y aprovisionamiento de la aeronave*, y (5) *explotación de la aeronave*. En el Capítulo 2 de la referencia 2 se presentan detalles y ejemplos de estas cinco etapas del ciclo de vida para diversas trayectorias de combustibles F-T y HRJ.

2.3 En general, el inventario de emisiones indica las emisiones o el impacto de las emisiones con respecto a una unidad de productividad del combustible. Para que sea equitativa la comparación entre los SPK y los combustibles convencionales para reactores, que tienen distinto contenido energético tanto por unidad de masa como por unidad de volumen, las emisiones se consideran basándose en una unidad de energía suministrada al depósito de combustible de la aeronave. Con el objeto de comparar equitativamente las emisiones de dióxido de carbono con otras emisiones de GEI, como N₂O y CH₄, que pueden resultar de la producción del combustible, en general se utilizan los potenciales de calentamiento global (PCG) para adicionar las emisiones en unidades equivalentes al dióxido de carbono (CO₂e). Como tales, las emisiones de GEI durante el ciclo de vida a menudo se expresan en gramos de equivalente de dióxido de carbono por megajoule.

2.4 La medición que utiliza el PCG tiene limitaciones importantes cuando se trata de analizar el impacto de las emisiones de la aviación que no son CO₂ (5). Estas emisiones deberían calcularse como parte del inventario de las emisiones de GEI durante el ciclo de vida, pero aún no se ha definido un medio apropiado para combinar estas emisiones con aquéllas de las etapas 1 a 4 del ciclo de vida (desde la extracción hasta el depósito de combustible) y las emisiones de CO₂ de la etapa 5 (desde el depósito de combustible hasta la combustión).

2.5 Estas tres áreas, que se analizan más a fondo en los párrafos siguientes, merecen ser consideradas de manera especial en el cálculo del inventario de emisiones de GEI durante el ciclo de vida: (1) *definición de los límites del sistema*, (2) *atribución de las emisiones entre los coproductos*, y (3) *calidad e incertidumbre de los datos*.

3. DEFINICIÓN DE LOS LÍMITES DEL SISTEMA

3.1 De acuerdo con las directrices de la ISO (2,3), un inventario de las emisiones de gases de efecto invernadero durante el ciclo de vida debe incluir el cálculo completo de las emisiones de GEI que resultan de la creación de todas las materias, la energía y las actividades que tienen relación con la producción del combustible, no solamente de las que forman parte de los procesos de las cadenas de producción primaria sino también de aquéllas que aportan los elementos que se necesitan en dicha cadena de producción. En consecuencia, es preciso definir los límites del sistema de manera que se incluyan todos los procesos presentes en la creación del combustible para reactores. En el Capítulo 3 de la referencia 2 figura un análisis de las diversas metodologías para determinar los límites de los sistemas.

3.2 Si cantidades suficientes de productos agrícolas destinados a la producción de alimentos se redirigieran a la producción de biocombustibles, se producirían cambios indirectos en el uso del suelo que deberían tenerse en cuenta en el análisis del ciclo de vida. Por ejemplo, si se utiliza toda la producción nacional de un producto agrícola existente como materia prima para elaborar combustibles, se reducirían las exportaciones de ese cultivo y se produciría un cambio compensatorio en la utilización de otros terrenos. El cambio resultante en la utilización del suelo podría producir un volumen considerable de emisiones de GEI, especialmente si los terrenos convertidos pertenecen a sistemas con alto secuestro de carbono como las pluviselvas o las turberas. Como alternativa, podría evitarse la generación de estas emisiones de GEI mediante la utilización de terreno agrícola nacional sin cultivar o terrenos que producen cultivos sobrantes.

3.3 El cálculo preciso de emisiones de GEI debidas a modificaciones indirectas en el uso del terreno requiere la utilización de modelos económicos complejos que capten los sectores agrícola y energético de la economía mundial. Un cálculo de los GEI durante el ciclo de vida de los HRJ a base de soja (1), que da los resultados de un análisis económico de este tipo (6), indica que las emisiones atribuibles a las modificaciones indirectas en el uso del suelo que proceden de una conversión a gran escala en la utilización de la soja para producir biocombustible en lugar de aceite de soja, podría producir una duplicación de las emisiones de GEI con respecto a la producción de combustible convencional para reactores. Esto puede compararse con las emisiones que genera la licuefacción del carbón a partir de la síntesis de F-T si no hay captura o secuestro de carbono.

4. ATRIBUCIÓN DE LAS EMISIONES ENTRE LOS COPRODUCTOS

4.1 Algunos procesos en la trayectoria de producción de los combustibles dan como resultado múltiples productos. Por ejemplo, hay refinerías que producen gasolina y combustible diesel, además de combustible para reactores. Otro ejemplo, observado en el caso de numerosos biocombustibles, es la creación de tortas oleaginosas además de aceites renovables que después se procesan para obtener HRJ. Las emisiones que se crean en estos procesos deben dividirse, o atribuirse, entre los productos.

4.2 La ISO recomienda que las emisiones se atribuyan a los coproductos utilizando los métodos siguientes en el orden que se indica a continuación: (1) *desagregación del proceso*: el proceso se divide en dos o más subprocesos, (2) *expansión del sistema*: los límites del sistema se expanden para incluir otras funciones relacionadas con los coproductos, (3) *atribución* en función de las propiedades físicas (p. ej., masa, volumen, contenido energético) o el valor de mercado⁴. En el Capítulo 4 de la referencia 2 se analizan estos métodos con más detalle.

4.3 En el caso de la producción de biocombustibles, el especialista en análisis del ciclo de vida tal vez deba atribuir las emisiones procedentes de la creación de biomasa basándose en la masa relativa, el contenido energético o el valor de mercado del aceite y de las tortas que quedan después de extraer el aceite, ya que el sistema no puede desagregarse más y la expansión del sistema puede requerir un modelo para toda la industria agrícola. La selección de la estrategia de atribución puede tener una repercusión significativa en las emisiones de GEI de un combustible, comprendida la posibilidad de que las emisiones atribuidas sean poco realistas, lo cual demuestra la importancia de este parámetro (véase el Capítulo 4 de las referencias 1 y 2).

5. CALIDAD E INCERTIDUMBRE DE LOS DATOS

5.1 La calidad y la incertidumbre de los datos dependen del margen de tiempo y la escala. Por ejemplo, es más fácil obtener datos de alta calidad de un producto existente (p. ej., combustible convencional para reactores obtenido del petróleo bruto), que de una industria emergente o no existente (p. ej., HRJ de algas). Se requieren datos de alta calidad para elaborar inventarios de GEI en función del ciclo de vida, que puedan utilizarse para tomar decisiones informadas respecto de los combustibles alternativos de aviación. En el Capítulo 5 de la referencia 2 figura un análisis de la calidad y la incertidumbre de los datos.

5.2 Como medio de evaluar la incertidumbre (1), también se ha recurrido a análisis en los que se utilizan escenarios para separar determinadas emisiones en las trayectorias de los combustibles. Los datos y supuestos subyacentes sirvieron para crear tres escenarios a partir de los cuales se pudo obtener una media y un intervalo de valores.

6. INICIATIVAS EN CURSO PARA EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA

6.1 En este momento, en Estados Unidos y Europa se desarrollan muchas iniciativas de investigación en curso para calcular las emisiones de GEI durante el ciclo de vida de los combustibles convencionales y los combustibles alternativos para reactores. Esto se añade a los esfuerzos considerables y similares para calcular las emisiones de GEI durante el ciclo de vida de los combustibles del transporte terrestre.

6.2 En el National Energy Technology Laboratory de los Estados Unidos se examinaron las emisiones de GEI de los combustibles de transporte en el país, incluyendo los combustibles para reactores, derivados productos del petróleo convencionales (7), en tanto que Partnership for AirTransportation Noise and Emissions Research (PARTNER) ha examinado una amplia gama de trayectorias de producción de combustibles alternativos para reactores (1). Boeing está patrocinando actividades de investigación sobre los combustibles para reactores a base de jatropha, en la Universidad Yale, y sobre los combustibles a base de algas, en la Universidad de Washington y la Universidad Estatal de Washington.

6.3 En Europa, en la Universidad de Cambridge (Reino Unido), se examinan los combustibles a base de algas para reactores, en el marco del consorcio OMEGA, en tanto que ONERA, en Francia, conduce actualmente una evaluación de una amplia variedad de opciones en materia de combustibles como parte de SWAFE (Sustainable Way for Alternative Fuel and Energy in Aviation).

7. CONCLUSIONES

7.1 Se invita a la Conferencia a:

- a) concluir que la capacidad de comparar las emisiones de GEI durante el ciclo de vida de los combustibles alternativos de aviación constituye un elemento fundamental de la evaluación global de las emisiones de GEI procedentes de la aviación internacional;
- b) reconocer que la producción de combustibles alternativos para reactores puede generar emisiones de GEI a raíz de cambios directos e indirectos en la utilización de los terrenos;
- c) reconocer que actualmente en Estados Unidos, Europa y otros Estados, se desarrollan muchas actividades de investigación para calcular las emisiones de GEI durante el ciclo de vida de los combustibles convencionales y los combustibles alternativos para reactores, y de los combustibles del transporte terrestre; y
- d) reconocer que se requiere un enfoque coherente, evaluado por pares, para calcular las emisiones de GEI durante el ciclo de vida, que se aplique a todos los sectores.

8. RECOMENDACIONES

8.1 Se invita a la Conferencia a:

- a) recomendar el uso del análisis del ciclo de vida como medio apropiado para comparar las emisiones relativas de GEI de los combustibles alternativos para reactores con aquellas de los combustibles convencionales para reactores.

APPENDIX

REFERENCES

1. Stratton, R.W., Wong, H.M., and Hileman, J.I., "Life Cycle GHG Emissions from Alternative Jet Fuels," PARTNER-COE Report, in preparation, to be posted at <http://web.mit.edu/aeroastro/partner/projects/project28.html>.
2. Additional information on estimating life cycle GHG emissions from alternative jet fuels can be found in the report, "Framework and Guidance for Estimating Greenhouse Gas Footprints of Aviation Fuels," from the Aviation Fuel Life Cycle Assessment Working Group, a group convened by the U.S. Air Force. The report is to be published in Autumn 2009.
3. ISO 14040:2006. Environmental management — Life cycle assessment — Principals and framework. 2006.
4. ISO 14044:2006. Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines. 2006.
5. Wuebbles, D.J., Huiguang Y., and Redina H., "Climate Metrics and Aviation: Analysis of Current Understanding and Uncertainties." U.S. Federal Aviation Administration, 2008.
6. Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R.A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D., and Yu, T.-H., "Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change," *Science*, Vol. 319. no. 5867, 2008, pp. 1238-1240. DOI:10.1126/science.1151861.
7. Skone, T.J., and Gerdes. K., "Development of Baseline Data and Analysis of Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Petroleum-Based Fuels." U.S. Dept. of Energy, National Energy Technology Laboratory. 2008.

— END —