

EMISIONES DE GASES CON 'EFECTO INVERNADERO' EN LA ACTIVIDAD AGRARIA



Reducir las emisiones que producen el denominado 'efecto invernadero' se ha convertido en una de las prioridades de los profesionales del campo. Las 'buenas prácticas agrícolas', no siempre costosas, son decisivas en este aspecto.

LUIS MÁRQUEZ

Los seres humanos pueden vivir sobre la Tierra gracias al 'efecto invernadero', porque los gases de la atmósfera impiden que desaparezca toda la radiación que llega del sol. Sin la atmósfera la temperatura

de la Tierra sería, aproximadamente, 33°C más baja de lo que lo es en la actualidad.

Sin embargo, el aumento del contenido de CO₂ en la atmósfera incrementa este 'efecto invernadero'. La temperatura media de la Tierra fue, para la década de 1890, de 14.5°C; un siglo des-

pues ha aumentado hasta 15.32°C; el aumento de la concentración media de CO₂ en la atmósfera en los últimos 50 años ha sido del 31%.

Si la causa de este calentamiento fuera sólo la consecuencia del aumento del contenido de CO₂ en la atmósfera terrestre, quedaría claro que la masiva utilización de combustibles fósiles puede ser la mayor responsable, aunque también hay que contar con otros factores, como la variación de la radiación emitida por el sol, o el efecto pantalla de las capas exteriores de la atmósfera

(aerosoles expulsados por las erupciones volcánicas, como los que fueron la causa del enfriamiento global del periodo 1945-1965) que limitan la entrada de estas radiaciones solares. También habría que tener en cuenta el comportamiento de la Tierra en su conjunto como sumidero (también como emisora) del CO₂ de la atmósfera, el aumento de la evaporación y de las lluvias con la temperatura, y la función clorofílica de las plantas en una atmósfera con mayor contenido de anhídrido carbónico y más caliente, si disponen de agua suficiente.

Estas interrelaciones indican la complejidad del fenómeno y la dificultad para elaborar modelos matemáticos que expliquen con cierta precisión lo que puede suceder en los próximos años, por lo que hay que tomarlas sólo como posibles tendencias.

A este respecto resulta curioso que en los medios de comunicación de masas se dé mayor credibilidad a los alarmistas y pesimistas que a los positivistas, que siempre se consideran 'contaminados' por el dinero de las grandes empresas implicadas en el negocio de los combustibles fósiles, olvidando que el consumidor final 'vota favorablemente' cada día lo que estas empresas hacen, con la demanda de los recursos naturales y transformados que pone a su disposición el mercado, obtenidos mediante unos procesos tecnológicos que incrementan las emisiones contaminantes de gases a la atmósfera, a partir de recursos naturales no renovables, muy por encima de lo que serían sus necesidades vitales.

La agricultura en el cambio climático

El medio natural es la fuente de recursos y de materias primas, sirve de soporte a las actividades humanas y recibe los

efluentes (emisiones, vertidos y residuos) que se generan por las actividades de población que ocupa el territorio.

La actividad agrícola con tecnología moderna es dependiente de insumos que recibe del exterior, realiza transformaciones del espacio y emite sustancias derivadas de los fertilizantes y fitosanitarios utilizados y efluentes sólidos, líquidos y gaseosos generados como consecuencia de la propia actividad agraria, que modifican el medio en el que se desarrolla.

La importancia que tiene la vegetación sobre el clima, la fauna y el suelo, y el equilibrio dinámico del ecosistema agrícola, derivado de un ecosistema natural después de cientos de años de actividad del hombre sobre la Tierra, hasta el punto de que las especies salvajes dependen de éste, hace que cualquier consideración en relación con el 'cambio climático' tenga que hacerse contando con los procesos agrícolas, aunque en ellos sólo se consume menos del 5% del total de la energía fósil que anualmente utilizamos. También hay que tomar en consideración el papel de los vegetales en la producción del oxígeno a partir del CO₂ absorbido de la atmósfera y

transformado por la función clorofílica.

En consecuencia, las 'buenas prácticas agrícolas' tendrán como objetivo el desarrollo de una agricultura sostenible, definida como "la que permitiría mantener la productividad y la utilidad de los recursos agrarios para la Sociedad, de forma indefinida, contribuyendo además al desarrollo social del agricultor y de su entorno y compitiendo comercialmente para proporcionar alimentos y fibras suficientes para toda la Humanidad", aunque, en un mundo real, esto sea difícil de conseguir.

Conviene destacar que los especialistas que estudian el cambio climático estiman que la Agricultura tiende a alcanzar un nivel de emisiones de gases de 'efecto invernadero' cuantificable en el 20% del total, si las tendencias actuales se mantienen, por lo que la modificación de las prácticas agrícolas puede ayudar a cumplir los límites de referencia fijados por el Protocolo de Kyoto, cuantificados en la reducción de las emisiones de gases de 'efecto invernadero' al menos en el 5%, con respecto a los emitidos 1990, durante el periodo 2008-2011 (la Unión Europea en su conjunto se ha comprome-



tido a llegar al 8% de reducción), tomando como referencias los seis gases siguientes:

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

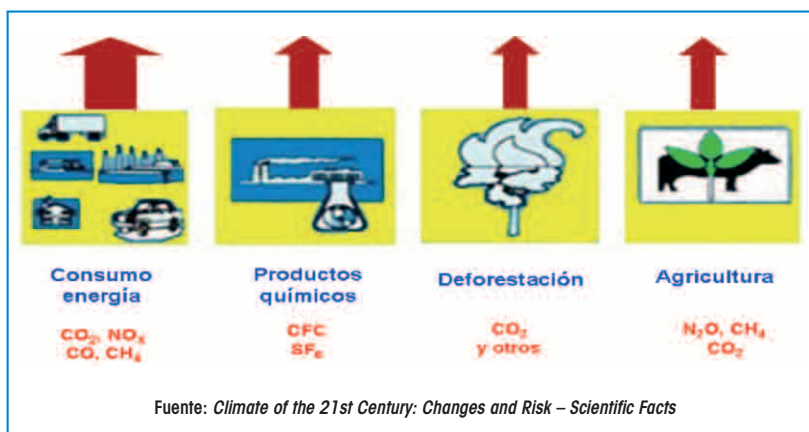
El origen de las emisiones de los gases se distribuyen como se indica en la figura adjunta, siendo la agricultura en la actualidad directamente responsable del 15% de las emisiones; además, hay que tomar en consideración las emisiones de los motores y otros consumos energéticos que se necesitan en la actividad agraria.

Las emisiones derivadas de la actividad agrícola

Aunque la información de la que se dispone es escasa y las determinaciones son poco precisas, se estima que la agricultura contribuye en gran medida a las emisiones de tres tipos de gases con 'efecto invernadero': el dióxido de carbono (CO₂), el hemioxido de nitrógeno (N₂O) y el metano (CH₄).

El efecto termoactivo de los diferentes gases considerados no es homogéneo. Así, se estima, tomando como horizonte un siglo, que el N₂O tendría 310 veces el efecto sobre el clima que

PRINCIPALES FUENTES DE EMISIONES GLOBALES CON EFECTO INVERNADERO



el CO₂ y el metano unas 21 veces más. Utilizando como referencia las equivalencias con respecto al CO₂, las emisiones de CO₂ representan aproximadamente el 82% del potencial de calentamiento global por emisiones de gases de 'efecto invernadero' en los países de la OCDE, mientras que las emisiones de metano son el 10%, y las de N₂O del 7% (Tabla 1).

Según datos de la OCDE, el 8% de las emisiones antropogénicas totales de gases con 'efecto invernadero' (en equivalentes de CO₂) son imputables a las actividades agrícolas, aunque el porcentaje de gases emitidos es muy diferente según el país considerado.

En términos relativos, mientras que la agricultura sólo es responsable del 1% de las emisiones de CO₂, hay que destacar que representa el 40% de las emisiones de CH₄ y el 60% de las de N₂O (Tabla 1).

Las emisiones de CO₂ de origen agrícola proceden del cambio de dedicación de las tierras de cultivo y de bosques y de la utilización de combustibles de origen fósil. Las emisiones de N₂O provienen, sobre todo, de los cultivos que reciben fertilización mineral y orgánica. El CH₄ está generalmente ligado a las actividades ganaderas y a la producción de arroz.

Algunas de las modificaciones que pueden realizar los agricultores para reducir las emisiones de los gases con 'efecto invernadero' tienen un coste relativamente bajo, y otras ya se han puesto en práctica por motivos diferentes al del cambio climático (reducción de costes de producción, control de la erosión, reducción de la fertilización para proteger su llegada a las aguas, limitación de quema de rastrojos para reducir la contaminación atmosférica, etc.).

TABLA 1.- EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GES) EN EQUIVALENTES DE CO₂ (1995-97)

	Emisiones totales (países OCDE)	Parte de cada gas en el total (OCDE)	Emisiones imputables a la agricultura	Parte de cada gas en las emisiones agrícolas	Parte de las emisiones agrícolas en el total de cada gas
Tipo de GEI	Mt	%	Mt	%	%
CO ₂	11 552	82	59	5	1
CH ₄	1 437	10	557	47	39
N ₂ O	929	7	560	48	60
HFC, PFC, SF ₆	224	2	0	0	0
TOTAL	14 142	100	1 176	100	8

Fuente: OCDE (2000a)

Buenas prácticas agrícolas para reducir las emisiones

La expresión ‘buenas prácticas agrícolas’ proviene de la normativa europea que condiciona las ayudas al desarrollo rural a cargo del Fondo Europeo de Orientación y de Garantía Agrícola (FEOGA). En esta normativa se consideran como “*buenas prácticas agrícolas las habituales que corresponden a los principios agrícolas que aplicaría un agricultor responsable en la región en cuestión... Estas prácticas normales incluirán, como mínimo, el cumplimiento de los requisitos medioambientales obligatorios generales.*”

Un Grupo de Trabajo mixto formado por especialistas vinculados a los Comités de Política Ambiental y de Agricultura de la OCDE ha resumido los trabajos que se vienen realizando en los



diferentes países para reducir las emisiones de gases con ‘efecto invernadero’ procedentes del sector agrario.

Estos trabajos se encuentran recopilados en el documento OCDE/COM/ENV/EPOC/AGR/CA (1998)149/FINAL (nº de ref. JT00128797) y pueden ser una

referencia para conocer lo que se está haciendo y lo que se puede hacer. En este documento se presenta una lista con las prácticas agrícolas que se aplican en diferentes países (algunas de las cuales sólo de forma experimental), que se han resumido en la Tabla 2.

TABLA 2.- PRÁCTICAS AGRÍCOLAS QUE PERMITEN REDUCIR LAS EMISIONES DE GASES CON ‘EFECTO INVERNADERO’

PRODUCCIÓN ANIMAL	GASES
Mejorar la digestibilidad y el coeficiente de conversión de los alimentos	CH ₄ , N ₂ O
Aumento de la talla de los animales y la productividad animal	CH ₄ , N ₂ O
Reducir el número de cabezas de ganado	CH ₄ , N ₂ O, CO ₂
Fertilizantes minerales y orgánicos	
Utilizar sistemas de gestión de estiércol que produzcan menos emisiones	CH ₄ , N ₂ O
Reducir el esparcido de estiércol en campos de arroz inundados	CH ₄
Reducir la lixiviación de nitratos y mejorar la utilización de fertilizantes	N ₂ O
Producción vegetal	
Arroz:	
Evitar el cultivo inundado a escasa profundidad	CH ₄
Mejorar el drenaje y reducir el periodo de cultivo sumergido	CH ₄
Reducir el volumen de residuos de paja de arroz	CH ₄
Utilizar variedades de arroz con débil emisión de metano	CH ₄
Otros cultivos:	
Limitar la quema de residuos de cultivo e incrementar su utilización	N ₂ O, CO ₂
Incrementar el cultivo de plantas que fijan nitrógeno	N ₂ O
Realizar prácticas agrícolas para proteger los suelos húmicos	N ₂ O
Optar por técnicas de trabajo mínimo del suelo	CO ₂
Favorecer la regeneración natural de rastrojos y reducir barbechos desnudos	CO ₂
Incrementar los sumideros de carbono y el nitrógeno absorbido por los cultivos	N ₂ O, CO ₂
Energía	
Utilizar biomasa en sustitución de combustibles fósiles	CO ₂ , CH ₄
Reducir la utilización de combustibles fósiles en la agricultura	CO ₂ , CH ₄
Utilizar energías renovables	CO ₂ , CH ₄

Fuente: OCDE/COM/ENV/EPOC/AGR/CA(1998)149/FINAL (modificado)



Ante todo hay que advertir, como se indica en el documento de referencia, que se conoce mal la incidencia de las prácticas propuestas en la reducción de las emisiones, así como el grado de adopción de las mismas, ya que se aplicaría a nivel local y regional, por lo que puede haber grandes diferencias para un mismo país.

En lo que respecta al CO₂ el trabajo del suelo, el mantenimiento de la cubierta vegetal y la gestión de los residuos son los que tienen mayor incidencia en la fijación de este gas. Al convertir los pastizales en tierras de cultivo, o eliminar zonas de bosque aumentan las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Cuando se deja de cultivar suelos en rastrojo se produce una fijación del anhídrido carbónico de la atmósfera.

El conocimiento de las emisiones de gases como el N₂O es

muy impreciso, ya que se reconoce que se trabaja con inexactitudes del 100%. Con el metano se puede ser más preciso, ya que las desviaciones pueden estar entre el 20 y el 25%. El mayor desconocimiento se produce en relación con los gases que emiten los arrozales.

Emisiones derivadas del consumo de energía en la agricultura

La agricultura mecanizada depende en gran medida de los motores que utilizan los tractores y máquinas agrícolas, que consumen energía fósil (generalmente gasóleo) y que con las emisiones de los gases de escape participan en las emisiones de gases con 'efecto invernadero'. Aunque el consumo de energía fósil en la agricultura es inferior al 5% del total mundial, en las zonas geográficas con mayor nivel de desarrollo se han establecido limitaciones a las emisiones de gases de escape de los vehículos agrícolas, similares a las de los vehículos industriales y de transporte, aunque su trabajo se realiza fundamentalmente en el campo.

La transformación de la energía química del combustible en energía mecánica que se produce en los motores de combustión interna tiene como consecuencia la emisión de CO₂ a la atmósfera, cuantificable 2.3 kg de CO₂ por litro de gasolina y 2.6 kg por litro de gasóleo. La reducción del consumo de combustible permite reducir las emisiones de CO₂, por lo que las técnicas de labranza reducida y la siembra directa pueden ser formas de bajar los niveles de emisión. Trabajando con arados de reja, reducir la profundidad de trabajo permite bajar el consumo de combustible en cerca de 1 L/cm. El trabajo con cincel permite bajar el consumo con respecto a lo que se consigue con arados de reja. Los motores más eficientes, de menor consumo de combustible, interesan a los fabricantes de los tractores y también a los usuarios.

Pero en los motores de combustión interna no sólo se emite CO₂, sino que producen otros compuestos químicos como NO_x, HC y CO, que son más perjudiciales que el CO₂ en todo lo que significa 'efecto invernadero', así como partículas (humos), especialmente en los motores diésel. El tipo de combustible



utilizado afecta al nivel de emisiones.

Además de reducir el consumo de combustibles de origen fósil, se pueden sustituir, al menos en parte, utilizando la biomasa vegetal, bien directamente como fuente de calor, o como materia prima para la producción de biocombustibles, ya que el carbono emitido a la atmósfera previamente ha sido fijado por las plantas mediante la función clorofílica. En estos casos hay que tener en cuenta que el balance energético dé un saldo positivo, para no consumir más energía en el proceso de producción que la que ofrece el biocombustible.

Por otra parte, la incorporación de los biocombustibles en mezclas, o como alternativa, afecta de una manera especial al incremento de las emisiones de óxidos de nitrógeno, ya que se trata de combustibles oxigenados, lo cual hay que tomar en consideración para el diseño y regulación de los motores. Seguidamente se analizan las limitaciones establecidas en los gases de escape diferentes al CO₂ de los motores de tractores y máquinas agrícolas.

LA INCORPORACIÓN DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN MEZCLAS, O COMO ALTERNATIVA, AFECTA DE UNA MANERA ESPECIAL AL INCREMENTO DE LAS EMISIONES DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO

sumo, lo que favorece al usuario, además del efecto de la medida sobre el ambiente.

Tomando como referencia la combustión de un hidrocarburo tan simple como el metano (CH₄), cuya molécula necesita dos moléculas de oxígeno (O₂), si la combustión es perfecta, se produciría una molécula de anhídrido carbónico (CO₂) y dos mo-

léculas de agua (H₂O). En términos de masa, para quemar 16 kg de metano se necesitarían 64 kg de oxígeno, que se encuentran en 276.8 kg de aire. En principio, el nitrógeno, que forma parte en un elevado porcentaje del aire que entra en el motor, debería de quedar inalterado.

Sin embargo, dada la rapidez en la que se realiza la mezcla y el proceso de combustión, la reacción no es tan perfecta. Así, en el caso del metano se necesitan 3.5 moléculas de oxígeno por cada dos de metano, con lo que aparece una molécula de anhídrido carbónico, otra de monóxido de carbono (CO) y 4 de agua (H₂O), pero, además, parte del combustible sin quemar, partículas procedente de la combustión y óxidos de nitrógeno (NO_x), estos últimos como consecuencia de la reacción del nitrógeno del aire por las altas temperaturas que se alcanzan en la combustión. Dado que la temperatura alcanzada es más elevada a medida que aumenta la eficiencia de los motores, los óxidos de nitrógeno siempre tendrían que ir unidos a ellos.

La emisión de los óxidos de nitrógeno (NO_x) en los motores

El control de las emisiones en el escape de los motores para los tractores agrícolas (y máquinas autopropulsadas), necesario para la homologación de tipo CE, se ha venido realizando de acuerdo con la Directiva 77/537/CEE (equivalente al ECE-R24 – CEPE-ONU), que sólo considera la opacidad de los gases de escape (presencia de humo) en los motores diésel de los tractores. La opacidad de los gases de escape está relacionada directamente con el consumo de combustible, por lo que el control de estas emisiones ayuda a mantener un bajo nivel de con-



Si se utilizan hidrocarburos de cadena larga y en mezcla, como sucede en el gasóleo (con base cetano $-C_{12}H_{26}$), la situación se complica, y resulta más difícil realizar una combustión completa para reducir las emisiones contaminantes de los gases de escape.

Además, hay que tener en cuenta que:

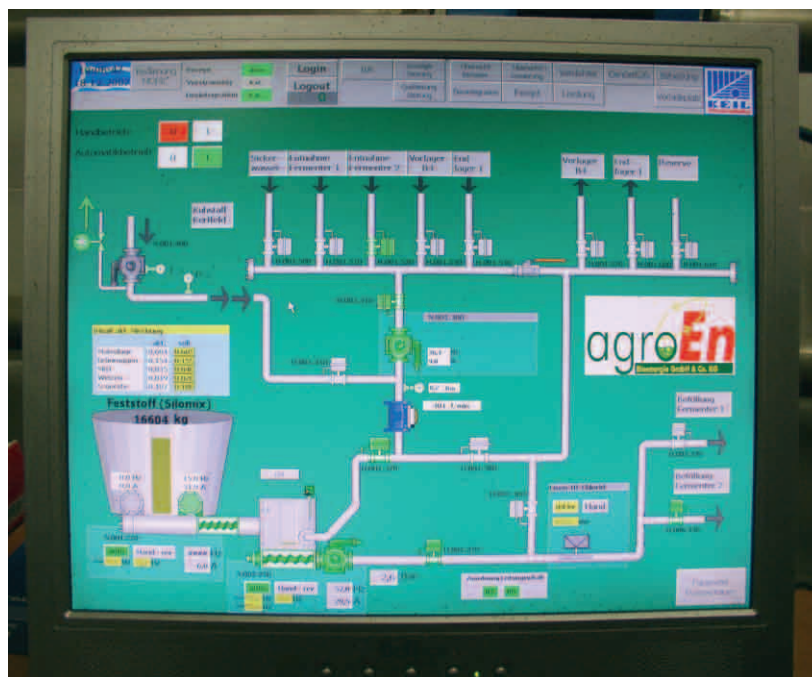
- La temperatura de vaporización del gasóleo es más elevada que la de la gasolina.
- El encendido por compresión exige una mezcla muy rápida de aire y gasóleo, y ésta es poco homogénea.
- Si el exceso de aire no es suficiente, aumentan las emisiones de hollín, monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC).
- La combustión se inicia con un ligero retardo respecto a la inyección y afecta al rendimiento del motor.
- La temperatura de combustión influye en la formación de óxidos de nitrógeno (NO_x).

Esto ha obligado a rediseñar todos los motores de los vehículos agrícolas, con un sobrecoste que penaliza la competitividad de los agricultores de los países con mayor nivel de desarrollo.

Conclusiones

Como 'buenas prácticas agrícolas' para reducir estas emisiones, que se aplican en diferentes países o que están en estudio, se pueden destacar:

- La mejora de la digestibilidad de los alimentos en los rumiantes para reducir las emisiones de metano.
- Los métodos apropiados para el manejo del estiércol, y la reducción de los aportes de fertilizantes minerales, evitando las pérdidas por lixiviación y vaporización.
- El manejo del nivel de agua en los arrozales, con periodos al-



Esquema de funcionamiento de una planta dedicada a la producción de bio-gas.

ternativos de inundación y sequía.

- La reducción de la quema de rastrojos y residuos agrícolas, y fomentando el trabajo mínimo del suelo y la siembra directa.
- La optimización de las operaciones agrícolas y el fomento de la producción de biocombustibles con balances energéticos positivos.
- La utilización de motores con menor consumo específico de combustible, que ofrezcan mínimas emisiones de NO_x.

Hay que destacar que hay gran incertidumbre para cuantificar los resultados de muchas de las prácticas agrícolas propuestas, ya que la reducción de un gas puede incrementar la producción de otro, como sucede con el CH₄ y el N₂O, por lo que sólo se pueden hacer valoraciones cuantitativas.

Algunas de las modificaciones que realizan los agricultores para reducir las emisiones de los gases con 'efecto invernadero' tienen un coste relativamente bajo; otras se han puesto en práctica por motivos diferentes al del cambio climático (reducción de costes de producción,

control de la erosión, reducción de la fertilización para proteger su llegada a las aguas, limitación de quema de rastrojos para reducir la contaminación atmosférica, etc.).

En otros casos, las inversiones necesarias para la puesta en práctica son elevadas, e incrementan los costes o reducen la producción, por lo que difícilmente serán aceptadas, salvo que una legislación nacional las imponga, o se fomenten con apoyos económicos. Cuando las ventajas de su puesta en práctica se aprecien localmente, o para un determinado país y a corto plazo, serán más fácilmente aceptadas por la sociedad que las debe de financiar. Cuando se trata de una necesidad global, y a largo plazo, resulta difícil llegar a unos acuerdos internacionales que todos respeten.

Pero no hay que olvidar que el oxígeno de nuestra atmósfera procede de la función clorofílica de las plantas, incluidas las cultivadas, que son las que producen los alimentos y constituyen los mejores 'paneles solares' que suministran energía renovable, pero que necesitan agua, otro bien escaso para algunas zonas de la Tierra. ■