

## Agronomía, Bioenergía, Agricultura y Medioambiente

*Edmundo Acevedo H.*

*Ing. Agrónomo PhD*

*Departamento Producción Agrícola*

*eacevedo@uchile.cl; wicic.sap.uchile.cl*

El uso persistente de energía fósil en los últimos 150 años ha provocado un aumento de carbono en la biosfera que sobrepasó su capacidad tampón e hizo subir la concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera en forma notoria. Hay gases como el  $\text{CO}_2$ , vapor de agua y otros, que son permeables a la radiación solar (onda corta), pero son impermeables a la radiación de onda larga que emite la tierra, por lo que hacen que la radiación neta y temperatura del planeta suba, lo que se conoce como efecto invernadero. El  $\text{CO}_2$  es responsable de aproximadamente 50% del efecto invernadero. La temperatura media de la tierra ha subido hasta ahora en aproximadamente 0,7 a 1,0 °C, lo que provoca derretimiento de agua de los hielos, disminución del agua dulce y otras alteraciones a los ecosistemas.

Al año 2030 se estima que la temperatura media del planeta habrá subido, de acuerdo a este escenario, entre 1,5 y 4,5 °C y al año 2100 entre 2,0 y 6,0 °C. Una forma de remediar este problema es utilizar como fuente energética compuestos carbonados que formen parte de la biosfera, participen en el ciclo del carbono actual y tengan bajo tiempo de residencia en cada una de sus fases. Este es el caso de la biomasa en sus diferentes formas, incluyendo cultivos agrícolas y bosques (bioenergía). En la biomasa, el carbono emitido a la atmósfera por combustión de los compuestos orgánicos ha sido fijado previamente por las plantas a partir del carbono atmosférico a través de la fotosíntesis, por lo que al quemarla no hay un aumento neto del C atmosférico. Esta biomasa debe ser

transformada a diferentes formas para proveer energía, en el caso de combustibles debe transformarse a compuestos líquidos, para producir gas debe gasificarse. Los combustibles fósiles, incluyendo transporte, consumo en casas, edificios e industria contribuyen aproximadamente un 40% al efecto invernadero por lo que el cambio de combustibles fósiles a fuentes renovables derivadas de la biomasa tendría un gran impacto ambiental, disminuyendo la contaminación de las grandes ciudades y el efecto invernadero.

Un aspecto de importancia, de índole económico, ligado al reemplazo de los combustibles fósiles por biomasa como fuente energética básica, es el precio de los commodities agrícolas. Desde el advenimiento de la Revolución Verde, a mediados del siglo XX y posterior formación del CGIAR (Consultive Group for Internacional Agricultural Research) por parte de Naciones Unidas, junto al desarrollo de potentes programas de fitormejoramiento en las naciones desarrolladas y algunas en desarrollo como Chile, el rendimiento de los principales cultivos alimenticios (trigo, maíz, arroz, soya) ha aumentado en forma continua, lo que ha hecho que, a pesar del aumento de la población global, su precio internacional disminuya por sobre el 60% con respecto a la media de otros bienes transables. Esta situación creó un problema de importancia en el sector agrícola de la economía, el que a la fecha no ha tenido otra solución que el subsidio a los productos agrícolas orientados a la alimentación. El desarrollo de la biomasa con fines energéticos junto a la tecnología de

transformación para producción masiva de etanol y biodiesel y eventualmente gas como combustibles renovables está transformando la agricultura en un productor de energía, lo que la hace partícipe de otro mega negocio, ampliando notablemente el potencial de la demanda de sus productos.

La agroenergía tiene diversos impactos en la economía de un país. En primer lugar, significa un cambio en la agricultura, de producción de alimentos a producción de alimentos y productos energéticos; hay un aumento en la demanda de los productos agrícolas que comienza a manifestarse en mejores precios, lo que genera un aumento de la producción y de los residuos agrícolas asociados que son también susceptibles de ser transformados en biocombustibles.

Un diez por ciento de reemplazo de la gasolina nacional por etanol demandaría la producción de aproximadamente 65.000 ha de maíz o alrededor de 80.000 ha de trigo.

Por lo tanto, el agotamiento de los recursos energéticos fósiles, el cambio climático inducido por los gases con efecto invernadero, la dependencia energética externa y seguridad energética, así como el ingreso rural y política económica deben ser mirados en su conjunto.

En la actualidad es posible reemplazar hasta el 95% e incluso 100% de la gasolina de los vehículos por etanol (E95, E100). Para adicionar un 20%, no se requiere transformación de los

vehículos, mayores porcentajes de reemplazo, requiere cambios en los motores.

En cierta forma es afortunado que la humanidad viva una nueva crisis del petróleo, aparentemente terminal, ya que se estima que las reservas del planeta se agotarán al año 2050. La opción de reemplazo de los combustibles fósiles técnica y económicamente más atractiva e inmediata es el uso de materia prima proveniente de plantas que produzcan compuestos orgánicos simples como azúcar, almidón y aceites, que son fuentes de fácil transformación a energía líquida como etanol y biodiesel. Estas especies vegetales son coincidentes con los principales cultivos anuales chilenos transados globalmente.

### Etanol.

El bioetanol es alcohol etílico producido a partir de maíz, sorgo, papa, trigo, caña de azúcar, desechos de cultivos e incluso de biomasa de tallos de maíz y residuos vegetales. Sus ventajas incluyen ser una fuente de combustible renovable y doméstico; reduce la dependencia del petróleo; es una fuente relativamente limpia de combustible; en mezcla con gasolina, aumenta su número de octanos mientras promueve una mejor combustión (oxigenante),

reduciendo las emisiones contaminantes como monóxido de carbono e hidrocarburos; es virtualmente utilizable en todos los vehículos y es fácil de producir y almacenar. Los biocarburantes emiten un 40 a 80% menos de gases invernaderos que los combustibles fósiles. Otras ventajas medioambientales incluyen reducción de la lluvia ácida, mejoramiento de la calidad del aire en zonas urbanas, no contamina el agua y hay reducción de residuos. Su combustión genera una cantidad de contaminantes a la atmósfera notoriamente inferior a la gasolina. La producción de etanol constituye, por otra parte, una fuente superior de creación de empleos, alrededor de 4:1 con respecto a gasolina.

Para bajar el nivel actual de  $\text{CO}_2$  de la atmósfera, por otra parte, se debe acelerar el almacenamiento de carbono en aquellos componentes del ciclo del carbono de la biosfera que tengan tiempo de residencia largo, como océanos y suelo. Habiéndose desplazado el punto de equilibrio de la capacidad tampón de los océanos a concentraciones de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera cercanas a 400 partes por millón, superiores a las históricas (180 a 280 ppm en los últimos cuatrocientos mil años), para volver a los valores históricos de  $\text{CO}_2$  no hay otra opción sino acelerar la tasa de almacenamiento de carbono en el suelo en forma de com-

puestos orgánicos. La agronomía actual supone que es deseable la formación de una cama de semillas para la siembra de los cultivos debido, entre otros, a la necesidad de controlar las malezas, lo que implica que el suelo debe ser continuamente removido a través de labores que involucren araduras y rastrajes. Al remover el suelo, sin embargo, se facilita la descomposición y pérdida de carbono orgánico a la atmósfera, haciendo que el balance para el suelo sea negativo, es decir que haya un paso neto de C a la atmósfera en forma de  $\text{CO}_2$ . Para invertir el flujo y almacenar carbono de la atmósfera en el suelo, éste no se debe labrar. Además, la pérdida de carbono orgánico tiene una serie de aspectos negativos para la productividad de un suelo. Tal vez, el efecto de mayor importancia del C orgánico es la mantención de la estructura del suelo, lo que evita que las partículas se disgreguen, manteniendo la macro porosidad y, con ello, la capacidad de aire y la retención de agua altamente aprovechable a las plantas por estar a bajas tensiones. Estos y otros aspectos como el aumento de la fertilidad del suelo, reducción de la erosión, aumento de la infiltración de agua, aumento de la actividad biológica y aumento de la adsorción de pesticidas y sustancias tóxicas, hacen que la productividad de los suelos se vea beneficiada con el aumento de carbono orgánico de éstos.



Figura 1. Residuos de un cultivo de trigo en un campo con rendimiento medio de  $7 \text{ Mg ha}^{-1}$  en la localidad de El Carmen, Región VIII. La alta cantidad de residuos y baja humedad del verano hacen que los agricultores quemen la paja para poder sembrar el siguiente cultivo de la rotación en otoño.



Experimentos de largo plazo de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile en Santiago, muestran que un suelo manejado en cero labranza con una rotación trigo-maíz, en que se dejaron los residuos de los cultivos sobre el suelo por un período de diez años, ha almacenado un promedio de 500 Kg de C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Por el contrario, la labranza convencional (arado de vertedera y rastraje) con quema de los residuos y un rendimiento de trigo de 3 Mg ha<sup>-1</sup> induciría una pérdida de C de alrededor de 2000 Kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. A la cero labranza se le podría atribuir, en consecuencia, fijación de carbono en el suelo de 2500 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (9150 Kg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) con rendimientos modestos en esta parte de Chile. La cero labranza dejando los residuos sobre el suelo no es fácil de realizar en medioambiente mediterráneo, en que la lluvia es inver-

nal, faltando humedad para la adecuada descomposición de los residuos en el verano. La agronomía de la cero labranza para este tipo de medioambiente está aún en desarrollo. En Chile Central su práctica se ve dificultada además por el alto rendimiento y cantidad de residuos que dejan cultivos como cereales (4,6 Mg ha<sup>-1</sup> promedio de rendimiento en grano de trigo con alrededor de 11 Mg ha<sup>-1</sup> de paja), asociados al alto cociente foto térmico existente. Un alto rendimiento en grano significa una mayor cantidad de residuos en el campo, los que están constituidos fundamentalmente por material lignocelulósico, en el caso de cereales. La transformación de parte de esos residuos en etanol y otras fuentes carbonadas utilizables en combustión directa simplificaría enormemente la práctica de la cero labranza, evitaría las quemas y

mejoraría las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos.

El balance negativo de carbono orgánico en el suelo se correlaciona positivamente con una disminución de la productividad (entendida como producción por vector de insumos) de los cultivos; sin embargo, éste se puede revertir utilizando cero labranza, aún en medioambiente mediterráneo.

El uso de cero labranza aumenta el carbono orgánico del suelo mejorando notablemente su productividad y dando sustentación a la agricultura en términos de mantención de la calidad del suelo, su principal recurso. Por otra parte, el uso de biocombustibles contribuye a la disminución de la emisión de carbono a la atmósfera e integra la agricultura y otras



Figuras Cultivos en cero labranza. a) soya sobre rastrojo de maíz, b) lupino sobre rastrojo de trigo, c) trigo sobre rastrojo de maíz y d) maíz sobre rastrojo de trigo.

actividades generadoras de biomasa al mundo de la energía.

El desafío agronómico actual, además de la tradicional generación de conocimiento necesario para la producción de alimentos en calidad y cantidad necesarios, se encuentra en contribuir substancialmente a la solución del pro-

blema energético, en particular de combustibles líquidos y gaseosos, y a mejorar el medioambiente y calidad de vida contribuyendo a disminuir la concentración de carbono de la atmósfera almacenándolo en el suelo. Es interesante constatar cómo agronomía, bioenergía, agricultura y medioambiente forman parte de un círculo virtuoso que no sólo tiene

el potencial de contribuir notablemente al desarrollo y bienestar de la humanidad sino que, además, se retroalimenta y hace que la agricultura como actividad económica tenga la opción de aumentar su participación en el desarrollo de naciones como Chile, destruyendo un mito de automarginación de este proceso por mayor producción.



**Interagro**  
FRUTAS Y HORTALIZAS ULTRACONGELADAS

FACIL, SANO Y DELICIOSO

CM: Av. Kennedy 3781 - Casilla 723 - Rancagua - Chile  
Fono: 56 - 72 - 253 850 Fax: 56 - 72 - 251 795  
Sucursal: Eduardo Frei M. 1380 - Renca - Santiago - Chile  
Fono: 56 - 2 - 646 0025 Fax: 56 - 2 - 646 1032

[www.interagro.cl](http://www.interagro.cl)