

BIOCOMBUSTIBLES

ANÁLISIS DEL POSIBLE IMPACTO SOBRE LOS SUELOS DE LA PCIA. BUENOS AIRES

Dra. Ing. Agr. Mabel E. Vázquez

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales – Universidad Nacional de La Plata

Introducción

Desde hace algunas décadas y ante el deterioro de los recursos naturales, sustento de múltiples actividades productivas, se ha desarrollado el concepto de producciones sustentables. En particular, la *Agricultura Sustentable* se ha definido de varias maneras, pero puede entenderse en términos generales como un *Sistema de producción que manteniendo la capacidad productiva, será útil a la sociedad indefinidamente, por cumplir los siguientes requisitos:*

- *Conservar los recursos productivos*
- *Preservar el ambiente*
- *Responder a los requerimientos sociales*
- *Ser económicamente competitivo y rentable*

Esta definición es un tanto utópica. Bien dice Spedding (1995), que mientras haya producción no habrá sustentabilidad, lo que sí existen son trayectorias más o menos sustentables. Este concepto fue expresado por distintos autores, entre ellos Lee (1993), quien sostuvo que la sustentabilidad debe ser una meta deseable, no para ser alcanzada en su totalidad, sino para guiar una acción constructiva, apuntando a ella sin la esperanza de alcanzarla.

Cabe destacar que del total de tierras del planeta, un 78% son no aptas para hacer agricultura, un 13% son marginalmente aptas, un 6% son moderadamente aptas, mientras que sólo un 3% son aptas sin limitaciones. De manera que el concepto de sustentabilidad cobra particular relevancia en relación a la conservación del recurso suelo. La Región Pampeana argentina en general, y la Provincia de Buenos Aires, en particular, se encuentran mayoritariamente dentro de ese 3% de tierras aptas sin limitaciones. Este hecho constituye en obligación moral la conservación de los suelos, no sólo desde el punto de vista de nuestro país y sus condiciones socio-económicas, sino de la población mundial en su conjunto. Una población que a una tasa exponencial de crecimiento, hoy ya tiene cerca de 2/3 de la misma, en condiciones de deficiencia alimentaria, que si bien, fundamentalmente, es consecuencia de una mala distribución de la riqueza, no deslinda responsabilidades desde el punto de vista de la producción de alimentos.

En este marco de la sustentabilidad como guía de un camino a recorrer, es que se desarrollarán en este texto, algunos conceptos en relación a la producción de cultivos con la finalidad de su industrialización para la obtención de biocombustibles.

Futuro de la producción de biocombustibles en Argentina

Un posible escenario

En la actualidad, del total de combustibles consumidos en Argentina, el 66% es gasoil, nafta y GNC, representan ambos el 17% respectivamente. El gasoil es consumido principalmente por el transporte automotor de cargas (41%) y el sector agropecuario (37%), mientras que automotores particulares diesel consumen el 14%, el transporte urbano de pasajeros el 6% y el interurbano el 2%. Este escenario no tendría posibilidades de retrotraerse en el corto plazo, ya que los grandes consumidores de gasoil son sectores en expansión en Argentina (SAGPyA 2001, 2005). Por otro lado, el consumo de nafta evoluciona hacia el reemplazo creciente por GNC e incluso por el propio gasoil. De manera que el consumo interno, hace prever que mayoritariamente la producción de biocombustibles será de biodiesel, en el marco de Ley de Biocombustibles N° 26.093/06, la cual establece que a partir del 2010, es obligatorio un 5% de corte en los combustibles. Simultáneamente, la escasez de gasoil en épocas de gran demanda, como son la siembra o la cosecha de cultivos tradicionales, promoverá la producción en pequeña o mediana escala de biodiesel por los propios productores, para evitar los perjuicios ocasionados por la falta de combustible.

Argentina en la actualidad no se autoabastece de gasoil, debe importar una parte de su consumo. Por el hecho que el proceso industrial es conjunto para gasoil y nafta, producir mas gasoil, acarrea producir más nafta, lo que deriva en capacidad exportadora de nafta del país.

En el orden internacional y en consideración de los principales consumidores de combustibles en el mundo, la Unidad Económica Europea ha establecido una normativa que estipula en forma creciente la obligatoriedad del empleo de biocombustibles, estableciendo para el 2020, un 8% de corte con los mismos. Simultáneamente, establecen restricciones al uso de materias primas locales, por una cuestión de seguridad alimentaria, entre otras razones. Aún revisando estas condiciones, se estima que la UEE sólo podría abastecer el 30% de la demanda con la producción local. Análogamente, EEUU necesitaría el 120% de su producción para satisfacer el consumo interno extraordinario de combustible que posee. Es decir que tanto la UEE como EEUU, serán fuertes demandantes de materias primas para la elaboración de biocombustibles en general, y de biodiesel en particular, en atención a sus consumos.

Resumiendo, tanto el escenario nacional, como el internacional, indicarían que la producción de biocombustibles en Argentina, pasaría, en sentido cuantitativo, fundamentalmente por el biodiesel y esto significa producción de oleaginosas (Lamers P, 2006).

Estamos en un período de descarga ecológica

Según Viglizzo E. (1994), Argentina ha transitado períodos sucesivos de descarga y recarga ecológica en la producción agropecuaria. Esto significa períodos de incrementos de la vulnerabilidad del sistema por sobreexplotación, con períodos de mejoras en la calidad de los suelos. Entre 1880 y 1940, con la expansión de la agricultura sobre suelos vírgenes, labranzas excesivas, uso del arado de reja y vertedera, se produjeron fuertes pérdida de materia orgánica y procesos erosivos, tanto hídricos como eólicos, constituyendo esta etapa la primera de descarga ecológica. A partir de la década del 50, según el autor, se inició un período de recarga ecológica, que continuaría aproximadamente hasta 1970. Este período se caracterizó por modelos mixtos (agrícolas/pecuarios) y mayor control de la erosión, promovidos por acciones de instituciones tales como INTA, Facultades de Agronomía, la

formación de organizaciones no gubernamentales como AACREA, promoviendo grupos regionales de trabajo conjunto, así como la aparición de legislación conservacionista.

A partir de allí y hasta el presente, estaríamos transitando un nuevo período de alta descarga ecológica. La adopción de modernas tecnologías de producción, materiales genéticos de alto potencial de rendimiento, un mayor uso de fertilizantes, la expansión del riego complementario en el ámbito pampeano, un mayor y más eficiente control de malezas y enfermedades, permitió alcanzar niveles productivos inéditos, pero simultáneamente, intensificó los procesos degradatorios del suelo, con un progresivo deterioro de la capacidad productiva. El paquete tecnológico estuvo acompañado por un cambio en el régimen de tenencia de la tierra para su explotación. Sólo en la Región Pampeana, si se comparan los censos 2002 y 1988, la explotación en manos de propietarios de la tierra disminuyó alrededor del 17%, mientras que creció un 27% la explotación por contrato. Esto significa, con seguridad, un menor cuidado del suelo, pues en términos generales, disminuye el interés por la conservación del recurso cuando no es propio. Paralelamente, el desplazamiento de las isohietas hacia el oeste, lo cual genera condiciones más favorables para la agricultura, ha hecho que se cultiven tierras marginales, más susceptibles a procesos erosivos por ser de texturas más gruesas y de mayor inestabilidad estructural, y a la pérdida de fertilidad química, a causa de menores reservas de materia orgánica y nutrientes retenidos en el complejo coloidal del suelo (arcillas/materia orgánica).

Una tercera situación agrava el panorama descripto, y es conocida como fenómeno de la “sojización” de la agricultura. Condiciones económicas internacionales han impactado fuertemente en los últimos años en la difusión del cultivo de soja. Más adelante se analizará en detalle, las implicancias de este cultivo sobre los suelos, pero puede decirse ahora, que por varias razones, debe ser considerado muy perjudicial para la conservación del recurso edáfico.

Este análisis permite visualizar que estamos transitando, tal vez, el período de mayor descarga ecológica vivido en la Pradera Pampeana. Es en este contexto que comenzaremos a producir materias primas para la fabricación de combustibles en el ámbito nacional e internacional.

¿Cuál es la producción de oleaginosas de la Provincia de Buenos Aires?

Las oleaginosas en la Pcia. de Buenos Aires están dominadas por 2 cultivos, soja con 3.709.800 ha y girasol con 1.111.850 ha, ya que la producción de colza se realiza sólo sobre 5.000 ha, aproximadamente. Estos cultivos arrojan niveles de producción de 10.526.710 t de soja, 1.904.142 t de girasol y 7.850 t de colza, según datos de la campaña 2005/06 (Fuente: SAGPyA, 2007). La producción de soja de Buenos Aires es el 26,0% de la producción nacional, comparativamente a las Pcias. de Santa Fe (25,4%) y Córdoba (27,5%). En las Figuras 1, 2 y 3 puede verse la difusión de estos cultivos en Argentina y particularmente en la Pcia. de Buenos Aires.

En la Figura 4 se aprecia la importante evolución del cultivo de soja a nivel nacional, habiéndose producido en la campaña 2005/06, cerca de 40 millones de toneladas de grano. Si embargo cabe destacar que, tanto a nivel nacional como internacional, se trata de un cultivo cuyo aumento de producción se basa fuertemente en una expansión del área sembrada más que en mejoras tecnológicas que conduzcan a aumentos de rendimiento por unidad de superficie. Esto ocurrió mayormente, a excepción del salto que significó en Argentina, la adopción de materiales transgénicos resistentes a glifosato, en los años

1996/97. En este sentido, cabe destacar, que a nivel mundial, mientras que en 1950 se producían 17 millones de toneladas de soja, en el 2005 se obtuvieron 200 millones de toneladas, es decir la producción aumentó 12 veces. El mencionado aumento se produjo a expensas, fundamentalmente, de un incremento de 7 veces en la superficie sembrada, mientras que en igual período, la producción cerealera aumentó 3 veces, pero a superficie constante. ¿Qué significa esto? Si la demanda de soja aumenta, su satisfacción se hará fundamentalmente a partir del avance sobre áreas marginales y esto conducirá a deterioros del ambiente no sólo en zonas de capacidad agrícola donde ya se cultiva, sino también y en mayor medida, en áreas marginales.

¿Por qué la soja afecta negativamente al suelo?

Si atendemos el razonamiento que desarrollamos hasta aquí, es probable que la demanda de biodiesel, como la mayor demanda de biocombustibles a nivel nacional e internacional, se satisfaga en la Pcia. de Buenos Aires, fundamentalmente a través del cultivo de soja, por tratarse de la oleaginosa más difundida en la provincia.

Ahora bien, se trata de un cultivo de alto impacto negativo sobre la conservación del suelo y por lo tanto sobre la sustentabilidad de la producción agropecuaria. Para argumentar esta afirmación, se hará una evaluación comparativa con otros cultivos tradicionales de la Pcia. de Buenos Aires. Se analizarán las consecuencias a nivel de:

- balance de materia orgánica
- balance de nutrientes
- acidificación

a.- Balance de materia orgánica

Tanto la soja como el maíz son cultivos de verano, sembrados a distancias de 50-70 cm entre hileras, mientras que el trigo es de invierno y el distanciamiento entre hileras es de 15 cm aproximadamente, por lo que se lo denomina “en masa”.

En las Figuras 5,6 y 7, pueden verse ilustraciones de estos cultivos con los rastrojos que quedan después de su cosecha.

El contenido de materia orgánica del suelo es fruto de un balance entre aportes y pérdidas, tal como lo ilustra el siguiente esquema:



Los aportes dependen básicamente de la cantidad y calidad de los residuos orgánicos, rastrojos y raíces que recibe el suelo y transforma en humus, mientras que las pérdidas dependen, fundamentalmente, de la mineralización de la materia orgánica humificada. La mineralización es un proceso mayoritariamente microbiológico y desde el punto de vista químico es una oxidación, por lo que la temperatura, la oxigenación y la humedad son las variables reguladoras más importantes.

Un factor trascendente que diferencia a los cultivos en este sentido, es la cantidad de rastrojo que dejan. A título de ejemplo, compararemos trigo, maíz y soja. Como esta cantidad depende del rendimiento, estableceremos rangos de rendimientos comparables para los 3 cultivos, estimaremos un aporte de raíces y consideraremos relaciones paja/grano normales para estas especies y rendimientos (Tabla 1)

Tabla 1. Estimación de la materia orgánica aportada por diferentes cultivos.

Cultivo	Rendimiento (qq ha ⁻¹)	Paja/grano	Raíces (%)	Aporte de materia orgánica (kg ha ⁻¹)
Trigo	40-60	2,9	20	13.920-20.880
Maíz	80-120	2,2	20	21.120-31.680
Soja	25-40	2,5	20	7.500-12.000

Como se desprende de la Tabla 1, los aportes de materia orgánica son considerablemente distintos entre especies, siendo los de la soja notablemente inferiores a los de los otros cultivos.

Otro aspecto a considerar, es la calidad de los residuos. Cuando un residuo de cultivo llega al suelo, este puede seguir la vía de la humificación, para terminar formando parte de la materia orgánica humificada propia del suelo o mineralizarse, desmembrándose en sus componentes inorgánicos originales, para luego ser absorbidos por las plantas, lixiviados, intercambiados con el complejo coloidal, entre otros procesos. Ambas rutas son fundamentalmente microbiológicas. Por qué un residuo sigue una u otra vía, en gran medida está definido por la relación carbono/nitrógeno del propio residuo, pues los microorganismos del suelo poseen una relación, en promedio, entre 8-10/1 en sus estructuras celulares, y deben transformar residuos con relaciones superiores a las de sus propios niveles, para lo que dependen del suministro de nitrógeno del propio residuo o del suelo. Para que se comprenda, el maíz puede tener una relación carbono/nitrógeno de 60/1, el trigo de 80-100/1 y la soja de 25-40/1. Por esta razón la soja es un cultivo de mayor probabilidad de ataque microbiano que el trigo o que el maíz. Existe un factor adicional en la determinación de la ruta a seguir, que es la cantidad de precursores húmicos del residuo. Estos precursores son compuestos fenólicos y quinónicos, mayoritariamente contenidos en la lignina del residuo. Residuos con proporciones altas de cañas maduras, poseen, por lo tanto, mayor contenido de precursores húmicos y son más eficientes en la transformación residuo-humus, que materiales vegetales verdes tiernos. Por el contrario, estos últimos, son más proclives a la mineralización que a la humificación. El contenido de precursores húmicos es mayor en el maíz que en el trigo y mucho mayor que en la soja.

Resumiendo, la cantidad y tipo de residuo hacen a la soja un cultivo de bajo aporte y éste, proclive a la mineralización, por lo que su incidencia en el término positivo del balance de la materia orgánica (aportes), es muy reducido.

Sin embargo, todavía podemos analizar otro aspecto del balance, el término negativo o de pérdida. Hemos dicho que la mineralización del humus depende de la temperatura, la cantidad de oxígeno y la humedad. Cultivos que se siembran a distancias de 50-70 cm entre hileras, en verano con altas temperaturas, que tardan en cubrir el entresurco y quedan expuestas durante un tiempo prolongado a la radiación solar, son condiciones que aceleran el proceso de mineralización. Si además se trata de labranza convencional, sin cobertura vegetal, con remoción del suelo y por lo tanto, mayor oxigenación, la mineralización será aún mayor. En este sentido, el maíz y la soja significan sistemas proclives a la mineralización.

De todo esto resulta, que el saldo entre aporte y pérdida es importante para el maíz, debido a la cantidad de aporte, pero en el caso de la soja, el saldo es muy negativo, pues el aporte es reducido, con bajas chances de humificación, a la vez que la pérdida es importante.

En la Figura 8 puede verse la evolución del contenido de materia orgánica para la zona norte de Buenos Aires, sur de Santa Fe y sureste de Córdoba. Esta figura permite apreciar claramente el importantísimo deterioro del contenido de materia orgánica de una región típicamente maicera, y sojera en las últimas décadas no consideradas en estos mapas. Por lo que la situación actual puede ser mucho peor.

En la Figura 9 se presenta una estimación de la cantidad de materia orgánica aportada que es necesaria para mantener distintos contenidos de carbono en el suelo

(aproximadamente para esta zona: carbono x 1,72 = materia orgánica). Si quisiéramos mantener la materia orgánica en un 3%, cifra bastante común en la zona norte de Buenos Aires, sur de Santa Fe, es decir aproximadamente, 60 t de carbono hasta los 30 cm señalados en la figura, el aporte debiera ser de alrededor de 17 t. En la Tabla 1 puede verse que difícilmente la soja pueda hacer este aporte y esa es la principal razón del empobrecimiento en el contenido de materia orgánica de los suelos bajo su cultivo.

En la Figura 10 se aprecia la magnitud relativa de la pérdida de materia orgánica de los suelos cultivados con soja frente a otros cultivos tradicionales de Córdoba, incluso el maní, considerado muy agresivo desde este punto de vista.

Cordone et al. (2003) informaron para la zona centro-sur de Santa Fe, que en una rotación de 7 años de soja, 2 años de doble cultivo trigo-soja y 1 de maíz, la materia orgánica pasó de 2,50% a 2,18%, es decir hubo una pérdida de 500 kg ha⁻¹ de carbono/año. Si la rotación se hace 6 años de maíz/6 años de soja, la pérdida pasa a ser de 175 kg ha⁻¹. Es decir, es necesario que la soja ocupe porcentajes reducidos de la rotación, si se pretende saldar el balance de la materia orgánica.

¿Por qué es necesario saldar el balance de materia orgánica? En primer lugar, la materia orgánica desempeña un rol fundamental en la conservación de la estructura del suelo, de su arquitectura porosa, lo que le permite la normal circulación del agua y los gases, disminuye la resistencia a la penetración que impacta directamente sobre el crecimiento de las raíces y por lo tanto, en la posibilidad de explorar mayor volumen de suelo, lo que significa agua y nutrientes. La estructura estable facilita la reserva de agua y protege al suelo de los procesos erosivos. En la Figura 11 puede verse la evolución de la erosión hídrica entre 1956 y 1996, comprobándose el crecimiento de la superficie afectada, particularmente en la Prov. de Buenos Aires, en gran medida causado por la pérdida de materia orgánica, la agriculturización y prácticas de labranzas agresivas.

Perder materia orgánica también significa perder nutrientes, particularmente nitrógeno, azufre y en menor medida fósforo, aunque también existen consecuencias sobre otros elementos, ya que la materia orgánica es uno de los principales coloides del suelo responsables de la retención por carga eléctrica de calcio, magnesio, potasio, entre otros.

b.- Extracción de nutrientes

Los cultivos se diferencian también por su eficiencia de transformación de nutrientes en producción. Para ejemplificar el efecto de la soja en este sentido, mostraremos algunos datos en la Tabla 2.

Tabla 2. Extracción de nutrientes de los cultivos de maíz y soja.

Nutriente	Maíz	Soja
	(90 qq ha ⁻¹)	(40 qq ha ⁻¹)
	kg ha ⁻¹	
Nitrógeno	131	241
Fósforo	27	27
Potasio	36	78
Calcio	2	12
Magnesio	8	12
Azufre	16	20

Como puede apreciarse, la soja es un cultivo muy exigente en nutrientes, aún cuando su potencial de rendimiento está muy por debajo de otros cultivos, en este caso, el maíz. Si bien es una leguminosa y en este sentido puede proveerse de nitrógeno a partir de la atmósfera por fijación simbiótica, esta vía no supera, generalmente, más que el 50% de su necesidad para cultivares de alto rendimiento, por lo que aún para este elemento, es un cultivo de alta demanda a partir del suelo.

A excepción del nitrógeno, el resto de los nutrientes no poseen fuentes de ganancia neta en el suelo. Estos provienen del material original y en la medida en que se exportan a través de los granos, o cualquier otra producción, aún pecuaria, como carne o leche, se origina un balance negativo que sólo se disminuye con la fertilización, inorgánica u orgánica. El empobrecimiento de los suelos de países con baja tasa de empleo de fertilizantes, como lo fue Argentina en su pasado, crea una alta dependencia actual de la fertilización. En la Figura 12 puede apreciarse la evolución en el consumo de fertilizantes en Argentina, que recién a partir de la década del 90, por una relación cambiaria más favorable, en un marco de gran crecimiento tecnológico y un proceso de agriculturización, comenzó a incrementar el consumo de fertilizantes.

Si bien los fertilizantes nitrogenados pueden fabricarse en cualquier país que tenga fuentes de energía, utilizando como materia prima el nitrógeno del aire, el resto de los fertilizantes necesitan de materias primas de yacimientos de ciertos minerales, no siempre presentes en estos países. Un ejemplo claro para Argentina son los fertilizantes fosforados, ya que no poseemos, por lo menos descubiertos hasta el presente, yacimientos de apatita económicamente aprovechables, por lo que dependemos de la importación en un 100%. El juego de la oferta y la demanda a nivel mundial, en un marco de empobrecimiento de los suelos de la mayor parte del planeta, nos ubica en una mala posición a futuro, si no cuidamos la reserva de nutrientes o ayudamos, a través de políticas oficiales, a su recuperación. Por supuesto que esto debe hacerse dentro de un marco de conciencia ambiental, para evitar repetir procesos de deterioros por fertilizaciones excesivas, ya vividos en otras partes del mundo, fundamentalmente Europa.

En la Figura 13 se ilustra a través de datos presentados por García F. (2006) la extracción de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre, para la Región Pampeana y los cultivos de girasol, soja, trigo y maíz, en forma conjunta con el empleo de fertilizantes conteniendo dichos elementos. Estos cálculos se hacen a partir de la concentración de los mencionados elementos en los granos y las estadísticas oficiales de producción de cultivos y consumo aparente de fertilizantes. De la comparación de las barras, resulta claro el balance negativo descripto y en particular la incidencia de la soja en dicho balance. Cabe destacar adicionalmente, que este cultivo es de bajo uso de fertilizantes, pues posee escasa respuesta a su agregado, por cuestiones intrínsecas de la especie, hecho que ocurre aún con sus altos niveles de absorción de nutrientes.

En la Figura 14 se aprecia en forma comparativa para soja, maíz, girasol y colza, potenciales cultivos para la producción de biocombustibles, cuál sería el costo de la reposición de los nutrientes extraídos, expresados en forma porcentual respecto del ingreso por la venta de estos granos. Cuando Argentina dice que su balanza comercial se favorece por la exportación de soja, no considera, y lo que es peor, en general ignora, que lo hace a expensas de uno de los capitales productivos más importantes que posee, la tierra.

c.- Acidificación

Se ha desarrollado en el ítem precedente la importancia de la consideración de la exportación de nutrientes en general. Sin embargo, sería necesario hacer una consideración adicional en este sentido. Algunos de los elementos exportados, por su carácter de elementos de naturaleza básica, desde el punto de vista químico, van ocasionando progresivamente un proceso de acidificación de los suelos. En la Figura 14 puede verse en un relevamiento hecho a partir de 4000 muestras ingresadas al laboratorio de suelos de la Asociación de Cooperativas Agrícolas (ACA) ubicado en Pergamino, para la campaña 2004/05. Cerca del 75% de las muestras poseían un pH (medida de la acidez-basicidad) inferior a 5,9, de manera comparable para las 2 zonas consideradas (Vázquez M. y Rotondaro R., 2005).

En la Tabla 3 se ilustra el pH óptimo para el desarrollo de diferentes especies cultivadas.

Tabla 3. Condición de pH considerada óptima para el desarrollo de diferentes especies cultivadas.

Cultivo	pH óptimo
Alfalfa	6,5 – 7,5
Soja	6,0 – 7,0
Trebol Rojo	6,0 – 7,0
Maíz	5,5 – 7,0
Trigo	6,0 – 7,0
Girasol	6,0 – 7,5

Como puede verse en la citada Tabla, las leguminosas en particular, pero también algunas gramíneas, tienen una condición óptima de desarrollo por sobre ese valor de 5,9 mencionado.

¿Y que rol le cabe a la soja en este sentido? Por tratarse de una leguminosa, es una especie muy exigente en nutrientes básicos, calcio, magnesio, potasio, entre otros. Puede multiplicar varias veces la exportación hecha por gramíneas, a rendimientos comparables exporta de entre 5 a 7 veces más calcio que maíz. Por este motivo su cultivo en forma de monocultura, provoca un rápido empobrecimiento de los suelos en estos elementos y con ello, su acidificación.

¿Cuáles son las consecuencias de la acidificación? En el ámbito de la Pradera Pampeana, este proceso deriva en la merma de rendimiento, la baja perdurabilidad de las especies perennes, caso de pasturas como la alfalfa, hasta la imposibilidad de su instalación, fenómeno muy difundido en la zona oeste de la Pcia de Buenos Aires, caracterizada por suelos arenosos de baja reserva de nutrientes básicos. Dada la naturaleza de los suelos de la región, con pocas probabilidades de fenómenos de toxicidad de hierro y aluminio, esto ocurre a causa de la desprovisión específica de estos elementos, su desequilibrio y la afectación, de manera indirecta a través de la actividad microbiana, de los ciclos de otros nutrientes, tal el caso de la nitrificación o fijación simbiótica, que dan origen al nitrógeno asimilable, la solubilización de fósforo, entre otras consecuencias.

Condiciones ideales para la producción de biocombustibles

De acuerdo a Hernández J.(2006) las condiciones ideales para la producción de especies destinadas a la elaboración de biocombustibles son las siguientes:

1. Adecuación a la fabricación de biocombustibles
2. Alta producción a bajo costo → viabilidad económica frente a combustibles fósiles
3. Posibilidad de desarrollarse en tierras marginales → no competencia con producción de alimentos
4. Requerimiento de maquinaria convencional factible de ser utilizada en otros cultivos zonales
5. No contribuir a la degradación del medio ambiente
6. Tener un balance energético positivo

Como se puede deducir del desarrollo de este texto, la soja no cumple con varias de estas premisas, fundamentalmente, la de no contribuir a la degradación del medio ambiente, sin entrar en la discusión del balance energético, cuestionado por varios autores para este cultivo, lo que pone en duda su beneficio sobre la emisión de gases provocada por los combustibles fósiles y su incidencia en el cambio climático, y particularmente, su beneficio en relación a otras especies (Gliessman S., 2001; Iermano M., 2007).

Consideraciones finales

El escenario planteado hasta aquí, parecería indicar que Argentina deberá producir, tanto por el consumo interno, como por la demanda internacional, cultivos destinados a la fabricación de biodiesel, es decir oleaginosas. El sector agropecuario, en particular de la Pradera Pampeana, por razones que no detallaremos aquí, pero fundamentalmente económicas, se ha volcado masivamente a la producción sojera, sin éxito alguno en la difusión de cultivos alternativos, como por ejemplo la colza, que aún promovidos por INTA desde hace más de 3 décadas, no logran superficies de cultivo relevantes. El entrenamiento de los productores ya adquirido en el cultivo de soja, en el marco del escenario planteado, parece señalar el futuro claramente, para la Pradera Pampeana en general y la Pcia. de Buenos Aires, en particular.

Múltiples antecedentes que muestran el fuerte impacto negativo de la especie sobre los suelos y la no sustentabilidad de esta producción, algunos esbozados en este texto, en un marco de situaciones de degradación física y química ya avanzadas para muchos suelos de la región, vaticinan el devenir, si no se atiende cuidadosamente el problema, se implementan políticas de conservación del suelo y lineamientos para la producción de cultivos destinados a los biocombustibles. No debemos ser ingenuos, a tal punto, que persiguiendo el loable fin de disminuir las emisiones gaseosas y reemplazar combustibles fósiles finitos, embarguemos una de nuestras principales riquezas, el suelo, en particular el de una de las regiones más fértiles de este planeta, la Pradera Pampeana, mientras que los grandes consumidores de combustibles, los denominados primitivamente países desarrollados, no hacen nada para disminuir su consumo. El rol del Estado es ineludible en esta situación y la comunidad toda debe exigir que se tomen medidas sobre la base de la importante información existente a nivel nacional, desarrollada a partir de la investigación

profusa de organismos oficiales como asociaciones no gubernamentales, que claramente han advertido sobre la gravedad de la cuestión.

Bibliografía general consultada

- Alvarez R. Balance de carbono en suelos de la Pampa Ondulada: efecto de la rotación de cultivos y la fertilización nitrogenada.
www.agro.uba.ar/comunicacion/divulga/balance_carbono_doc_1.pdf. Consultada el 16/07/07
- Casas R. 1998. Causas y evidencias de la degradación de los suelos en la Región Pampeana. En: Hacia esa agricultura productiva y sostenible en la pampa. Harvard University, David Rockefeller Center for Latin American Studies, Consejo Profesional de Ingeniería Agronómica. Orientación Gráfica Editora SRL. Buenos Aires.
- Casas R. 2000. Factores causales de los procesos erosivos en la Región Pampeana Argentina. www.insuelos.org.ar/institucional/disertacion_R_Casas.htm. Consultada el 23/06/07
- Cordone G., Martínez F., Andriulo A., Ghio H. 2003. El balance de carbono del suelo. ww.inta.gov.ar. Consultad el 15/6/07.
- García F. 2006. La nutrición de los cultivos y la nutrición de los suelos. Informaciones Agronómicas del Cono Sur 29:13-16. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- Gliessman S.R. 2001. A energética dos agroecosistemas. En: Agroecología. Preprocessos ecológicos em agricultura sustentable. 2º Ed. Ed. Universidade Rio Grande do Sul. Brasil. Cap. 8: 509-538.
- Hernández J. 2006. Condiciones de los cultivos para la producción de biocombustibles. www.upm.es. Consultada el 5/3/06.
- Iermano M.J. 2007. Sustentabilidad de la producción del biodiesel como combustible alternativo en la República Argentina. Tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales/UNLP. Director: Sarandon S. Inédita.
- Lamers P. 2006. El mercado emergente de biocombustibles líquidos en Argentina. ¿A dónde va la Argentina? Tesis de la Universidad de Lund, Suecia.
www.4semanas.com.ar/09042007/biocombustibles.htm. Consultada el 10/05/07.
- Lee, K. 1993. Greed scale mismatch and learning. Ecological Applications 3: 560 – 564. USA.
- Martellotto E., Salas P., Lovera Ed. 2001. Impacto del monocultivo de soja. Proyecto regional de agricultura sustentable e impacto agroambiental. EEA INTA Manfredi. www.inta.gov.ar/manfredi/info/documentos/docsuelos/impamonosoja.htm. Consultada el 7/06/07.
- SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación)-IICA (Instituto interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2005. Perspectivas de los biocombustibles en la Argentina y en Brasil. 1º Ed. Ed. IICA-SAGPyA. ISBN 10:987-9159-08-X. ISBN 13:978-987-9159-08-8. 180 p.
- SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación). 2007. Estadísticas. www.sagpya.mecon.gov.ar. Consultada el 24/9/97.
- SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación). 2001. Biodiesel, el futuro del pasado. Seminario. www.sagpya.mecon.gov.ar. Consultada

el 8/6/07.

Spedding, C.R.W.1995. Sustainability in animal production systems. *Animal Science* 61: 1 – 8. Champaign, USA

Vázquez M., Rotondaro R. 2005. Acidificación de suelos en el sur de Santa Fe y el norte bonaerense. *Acaecer* 350: 26 – 32.

Viglizzo E. 1994. El INTA frente al desafío del desarrollo agropecuario sustentable. En: *Desarrollo agropecuario sustentable*. INTA-INDEC. 85 p.