

Agricultura mundial, suelo virtual y agrocombustibles

Resumen

El modelo económicamente exitoso de la agricultura industrial que actualmente está en expansión en la Argentina, lleva a cambios sociales, económicos, ambientales y logísticos profundos que restringen seriamente la sostenibilidad de los sistemas rurales, urbanos y ambientales. La transformación de actividades, la llegada de nuevas tecnologías y organizaciones con grandes capacidades financieras y tecnológicas, el desplazamiento de cientos de miles de agricultores de pequeña y mediana escala y su reasignación a nuevas funciones productivas no sólo están afectando la sostenibilidad social del sector rural, sino también las periferias urbanas y periurbanas de pueblos y ciudades localizadas en la Llanura Chaco-pampeana.

Ahora, la producción de agrocombustibles como respuesta a la demanda global internacional promoverá aún más la degradación ecológica y social, la cual Argentina ha estado enfrentando desde el inicio de la década de 1990.

En términos de la economía ecológica, las externalidades se deberían incluir en los costos de las compañías, y no sólo los costos económicos fijos y variables vinculados a la producción.

Considerar el funcionamiento de estas economías en el marco de una revisión global de los intercambios y flujos comerciales bajo el foco de un metabolismo social que incluya indicadores biofísicos y biogeoquímicos de sustentabilidad, junto a otros componentes como los del adecuado cálculo del agua virtual, tierra disponible virtual y suelo virtual, ayudarán al mundo a comprender la irracionalidad de la presión y sobreexplotación de los mejores suelos en el mundo y la exposición de regiones enteras junto con la afectación de la seguridad ambiental y alimentaria global a la que nos estamos exponiendo.

Walter A. Pengue

Universidad Nacional de General Sarmiento, Buenos Aires, Argentina

1. La intensificación del modelo agrícola y las nuevas demandas por agrocombustibles. Una introducción

Argentina es uno de los principales proveedores de biomasa, tanto para alimentos como históricamente lo ha sido como así también ahora, para la provisión de biocombustibles. El país, casi ha triplicado su producción agrícola, pero también ha perdido, en igual proporción, agricultores y lo mejor de su medio ambiente natural. Hay dos factores principales que promueven la expansión de la producción de maíz y soja: cereales y alimentos en el mercado global para alimentar animales (cerdos y peces) y la nueva demanda de exportación de biocombustible.

La producción de soja se incrementó en proporciones sin precedentes, con cultivos que aumentaron de un área de 38.000 hectáreas en 1970 a más de 16 millones de hectáreas hoy en día (Gráfico 1). Aproximadamente el 70% de la soja

cosechada se convierte en plantas procesadoras de aceite, la mayoría de la cual se exporta, representando el 81% del aceite de soja exportado en el mundo y el 36% de alimento de soja.

El área total cultivada en Argentina es cuatro veces el área cultivada con maíz, y las tendencias muestran que los cultivos de soja y maíz aumentarán, desplazando a otras cosechas, como el girasol y el sorgo, en la principal área rural de producción en La Pampa, Argentina.

El grado del desplazamiento de cosechas es alarmante. Si comparamos los 10 años pasados de la producción de las principales cosechas de verano (sorgo, maíz, girasol, algodón, arroz y soja) entre 1995/1996 y 2007/2008, el área de cultivos de sorgo aumentó en 159.320 hectáreas y de maíz en 597.450 hectáreas, mientras que la producción de girasol, algodón, y arroz disminuyó en 750.600, 679.800 y 27.400 hectáreas, respectivamente. La producción de soja se aumentó a 10.597.845 ha de 1996/1997 a 2007/2008. En 1996, se dio la primera cosecha transgénica, soja RR. Para el 2008, toda la soja que se producía en Argentina era transgénica.

El aumento de la producción de agrocombustibles ha estado incrementándose durante los últimos 10 años en un porcentaje alto, asociado a la creciente producción de soja. Argentina tiene un esquema que regula y promueve la producción y uso de agrocombustibles desde 2007 (CARBALLO, MARCO, ANSCHAU, & HILBERT, 2008). La ley decreta el uso de agrocombustibles en el 2010, con una mezcla obligatoria del 5% de etanol en la gasolina y el 5% de biodiesel en el gasoil. Se estima que para cumplir con la ley de biocombustibles (No 26093), se necesitará un volumen de aproximadamente 700 millones de litros de biodiesel y 250 millones de litros de etanol (CARBALLO *et al.*, 2008). Esto lleva a una demanda de 717.000 m² para el consumo interno, que exige un aumento del área de producción de soja en 1.400.000 ha. Esto es aproximadamente el 9% del área sembrada de soja en el país para el año 2007/2008. Sólo para el primer año de implementación de la ley, Argentina necesitará 100.000 de toneladas de biodiésel, que representan 3.500.000 toneladas métricas de soja (el 9%). Para obtener 152.000 toneladas de bioetanol, se necesitarán 106.000 ha de maíz (el 3,2% del área actual) y 550.000 toneladas métricas de soja (el 2,8%).

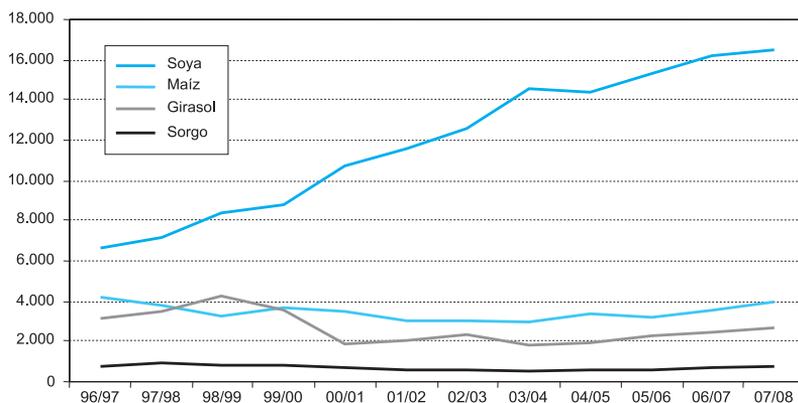
Los agrocombustibles son un nuevo componente importante de la intensificación agroindustrial. Argentina está enfrentando una revolución en términos de adopción tecnológica. La llegada del sistema de siembra directa, vinculado a la soja transgénica y su herbicida asociado (el glifosato) significa que más soja puede sembrarse (DALGAARD *et al.*, 2007), y el mercado internacional promueve esto en un grado inimaginable.

La combinación de estas dos técnicas incrementó el nivel de la agricultura intensiva para la exportación. El objetivo principal es competir en el mercado mundial agrícola. Esto no es una tarea fácil ya que la subvención a la agricultura recibida en muchos países, a menudo, distorsiona el mercado.

Sin embargo ahora, mientras todavía nos esforzamos por manejar este crecimiento desigual, el país enfrenta un nuevo dilema más potente: el abastecimiento de materias primas tiene que aumentarse adicionalmente, ampliando las fronteras rurales mucho más allá de cualquier límite racional. La demanda de bioenergía ha afectado el escenario de los alimentos y la energía a nivel regional y global, y tiene un fuerte impacto económico. Esto probablemente llevará a una situación donde millones de toneladas de alimentos serán usados para suplir la voracidad de energía no sostenible de economías sobre-desarrolladas, empeorando así la desigualdad global que ya existe entre la mayoría de los miembros de la especie humana.

En el 2007, Argentina exportó 300.000 toneladas métricas de biodiésel, de las cuales el 75% fue a los Estados Unidos y el 25% directamente a la Unión que exportaban biodiésel, con una capacidad de producción de aproximadamente 600.000 toneladas al año. En 2008, siete plantas más empezaron operaciones. Desde principios de 2009, la producción de biodiésel alcanzó los 1,1 millones de toneladas.

Gráfico 1. Evolución del área sembrada (en hectáreas x1.000) para el cultivo de soja y otros cultivos en las temporadas de siembra primavera-verano del Hemisferio Sur, en la Argentina



No es un asunto sin importancia decidir si hay que inyectar nuestros alimentos en los tanques de combustible de 800 millones de vehículos o si hay que hacerlos más accesibles a los estómagos hambrientos de 2.000 millones de seres humanos.

No es un asunto económico, ni tampoco tecnológico, es simplemente una cuestión ética, que ni la sociedad global ni los gobiernos examinan en la manera relevante y justa que ella merece.

La biomasa es una alternativa muy interesante para la producción de combustible, si no proviene de las cosechas. La biomasa puede venir de los residuos del sector urbano y rural, la industria maderera, la industria alimentaria, y otras fuentes. Hasta ahora, el mundo no está realmente preparado para producir la energía de cosechas, a no ser que se ignoren las consideraciones ambientales y sociales de esta decisión. La caña de azúcar es actualmente la principal materia prima para la producción de etanol en Argentina (HOFF, 2007). Además de esto, también hay un interés en el uso de sorgo para la producción de etanol. Allí existen aproximadamente de 15 a 16 productores de pequeña escala de bioetanol que sirven a las industrias de bebidas, alimentos y farmacéuticas. El proyecto BIOFAA ha sido diseñado para asistir a agricultores de pequeña y mediana escala que desean producir su propio combustible de aceite de semilla de canola o de soja.

2. Las externalidades de la “nueva agricultura”

Hay muchas externalidades negativas (también llamadas costos externos o deseconomías externas) relacionadas con las consecuencias ambientales de producción y uso de los recursos naturales, tales como la sobreexplotación, la destrucción de hábitats, o la acumulación de contaminantes que afectan el ambiente y la sociedad.

Éstos son costos directos que el sector privado no reconoce pero que afectan la sociedad entera. Las externalidades tienen que incorporarse al costo privado de las compañías, pero si se incorporan, el costo de producción estaría por encima de los ingresos de estas compañías. Por consiguiente, las externalidades no se están poniendo en práctica en el modelo de agricultura actual y los resultados de este fracaso son bien conocidos: la sobreexplotación de la naturaleza prístina, y la contaminación y degradación de los agroecosistemas del mundo.

$$\text{Costo social} = \text{costo privado} + \text{externalidad}$$

La Economía Ambiental (PEARCE, 1976; TURNER, PEARCE y BATEMAN, 1993) es el estudio de vías de incorporar externalidades a los gastos de las compañías; David Pearce y otros economistas han estado promoviendo esto durante décadas. Pero todo esto se ha hecho bajo la utilización de un método de análisis monocriterial, llamado análisis crematístico (donde prima solo el valor monetario).

La economía ecológica (COSTANZA, CUMBERLAND, DALY, GOODLAND y NORGAARD, 1997, PENGUE, 2009) tiene esta condición en cuenta, pero amplía el enfoque de los diferentes modos de valoración, de manera que incluyan no sólo consideraciones económicas sino también que tengan en cuenta otras cuestiones como el metabolismo social y los indicadores biofísicos (nutrientes, suelo virtual, agua virtual, apropiación primaria neta de biomasa o HANPP), las tendencias de consumo de energía, la degradación natural, y la contaminación.

Por lo general, el productor que crea la externalidad no incorpora los efectos de las externalidades en sus propios cálculos. Los productores están interesados en la maximización de sus propios beneficios. Ellos sólo tendrán en cuenta su propio costo privado y sus propios beneficios privados, haciendo caso omiso a los costos sociales.

Pero, desde el punto de vista de la economía ecológica, las externalidades no se consideran en términos del dinero o costos solamente. Para entender el agotamiento ambiental, es más útil estudiar la situación de los indicadores biofísicos, el metabolismo natural y rural y sus tendencias.

No es posible encontrar una solución para la degradación ecológica global si no hay ninguna restricción en las demandas de energía y la expansión económica. Una parte del mundo trata de producir agrocombustibles, en especial los países en vía de desarrollo, y las tierras para producir estas nuevas cosechas de energía (soja, palma, maíz) se obtienen a través del desplazamiento de otros cultivos. La producción de agrocombustibles en países como Argentina, Brasil, Bolivia, Paraguay, Colombia, y varios países de Centroamérica tiene un impacto enorme, no sólo en términos de transformaciones agronómicas sino también en términos de los siguientes problemas ecológicos:

- Aumento de deforestación
- Exportación de suelo virtual: reducción de nutrientes
- Pérdida de biodiversidad

- Pérdida del paisaje
- Aumento de riesgos de contaminación ambiental
- Pérdida de agua virtual

3. Aumento de la deforestación

Uno de los argumentos a favor de la agricultura industrial es el siguiente: desde mediados de los noventa, se afirmaba que la implementación de nuevas tecnologías, como los cultivos transgénicos, aumentarían la productividad y detendrían la expansión agrícola en áreas prístinas. Esto no ha pasado en ninguno de los países que comenzaron a producir cultivos transgénicos.

En los últimos 5 años, en países como Argentina o Brasil, los nuevos eventos transgénicos (soja y maíz) son la punta de lanza tecnológica que facilita la expansión del modelo agroenergético.

El descubrimiento del genoma completo de la planta de soja, facilitará según algunos expertos de los grupos corporativos de la biotecnología moderna, la posibilidad de nuevos desarrollos de eventos transgénicos que permitirán una orientación aún mayor a la posibilidad de producción de nuevos biocombustibles, pero siempre derivados de cultivos que aún pueden ser comestibles o compiten por la tierra con éstos.

Tampoco se ha considerado cómo esta continua demanda de nueva tierra en Argentina, Brasil y Paraguay ha hecho que masas forestales enteras pasen a agricultura, posibilitando con esto, debido a la deforestación intensa, la extracción y quema de materia orgánica del suelo y una enorme cantidad de gases de invernadero. Sólo en la región Chaqueña, la adición de 3.000.000 de nuevas hectáreas de cosechas (maíz, soja, girasol, colza, poroto y jatropha) se está considerando.

Los índices de deforestación en algunas regiones de Argentina son similares o más altos que los de África. Los estados como Santiago del Estero, Santa Fe o Misiones tienen índices muy altos de deforestación. Una nueva ley que entró en vigor en el 2008 para tratar de detener la deforestación no está sirviendo, por la falta de un control adecuado a nivel del territorio. Mientras tanto, se ha adoptado la ley para promover la producción de biocombustibles en el país.

La tierra cultivable se hace más escasa año tras año. La tierra disponible es sobreexplotada con modelos de producción que son insostenibles. La calidad de la nueva tierra adicionada disminuye cada día, y rápidamente se agota por procesos cada vez más erosivos.

En Las Pampas, la principal área agrícola para la producción de alimentos en Argentina que cubre alrededor de 55.000.000 de hectáreas, ya no hay más terreno rural para producir cosechas, incluyendo la tierra que ha sido históricamente usada en un sistema de rotación agrícola-ganadera. Durante los últimos 10 años esta tierra ha sido desplazada por tierra agrícola permanente (agriculturización). Éste es un proceso muy importante que no sólo cambia el paisaje de La Pampa sino que también pone en peligro el equilibrio de nutrientes.

Otro proceso muy importante que Argentina está enfrentando ahora es la *pampeanización* (PENGUE, 2005b). La *pampeanización* se refiere a la aplicación del modelo rural, económico, financiero y agronómico específico de La Pampa a aquellas regiones ecológicas del Norte de Argentina y el Centro de Sudamérica, que no son similares a La Pampa. El proceso lo está promoviendo la actual disposición de tecnología (cultivos transgénicos adaptados a las condiciones ambientales y sin labranza) y las nuevas demandas de agrocombustibles. La transformación del paisaje del medioambiente del norte del país es muy significativa (PENGUE, 2008). La deforestación en el norte de Argentina (PENGUE, 2005) implica la pérdida de la biodiversidad, la liberación de gases de invernadero, y la pérdida de nutrientes.

4. Suelos, sobreexplotación y deuda ecológica. Una historia repetida...

Muchas veces, concepciones equivocadas sobre la potencialidad de los suelos de Sudamérica llevaron a la sobreexplotación de los mismos y en otras tantas, aún conociendo sus limitaciones lograron imponerse allí modelos de alta renta que agotaron el recurso rápidamente.

La economía convencional ha argumentado que el suelo, visto como un "recurso renovable", bajo ciertas condiciones, puede ser gestionado y por tanto explotado a perpetuidad. En realidad, en las condiciones de explotación actuales el suelo es un recurso agotable. El recurso suelo fértil, tiene un carácter desde el punto de vista biológico y químico vital, también es un recurso relativamente escaso, y renovable sólo a una escala, inalcanzable para la especie humana, es decir un recurso que

en la práctica, resulta no renovable. Existe entonces una sustancial diferencia en como consideran los problemas ecológico distributivos la economía ecológica y la economía convencional (MARTÍNEZ ALIER, 1995)

En general, los sistemas de monoproducción agrícola, conllevan a una extracción selectiva de nutrientes del suelo, que lo agotan y fuerzan a una reposición vía fertilizantes minerales que actúan por un lado recuperando la fertilidad actual pero arrastran a crecientes niveles de contaminación y eutrofización a la par de generar una mayor dependencia externa, al verse obligado los países a importar crecientes cantidades de fertilizantes minerales a valor dólar.

La mayoría de los fertilizantes y agroquímicos consumidos en América Latina son importados. Para esta Región, el principal limitante para sus suelos reside en el estrés nutricional que pasa por la escasez o exceso de nutrientes y por el otro una extracción, que generalmente es selectiva y se lleva algunos o varios de los 16 nutrientes que se pueden ir con los granos.

Nuestra historia agroambiental, se ha visto acompañada por procesos productivos que en general degradaron la base de recursos, pero en otros casos, integraron de una forma más cercana a la sustentabilidad sistemas productivos que como en las grandes planicies del Sur supieron combinar adecuadamente planteos rotacionales y prácticas integradas de manejo que si no incrementaron, por lo menos sostuvieron la fertilidad y estructura del suelo.

En las últimas décadas, sin embargo, en el Sur de América (Las Pampas en Argentina, el Oriente en Bolivia, los Cerrados en Brasil o los Estados del Este Paraguayo) se está produciendo un desplazamiento importante y pérdida del sistema de rotaciones de ganadería por agricultura, para focalizarse en cultivos de cereales y oleaginosas. El proceso ha llevado a un evidente síndrome de sustentabilidad, el de agriculturización (Cuadro 1) que en el caso comentado, puede ya llamarse de *sojización*, con características propias a nivel global, nacional y regional.

Cuadro 1.

Síndrome de sustentabilidad. Síndrome de agriculturización/sojización

- **Nivel Global** (*Precios internacionales, pautas de consumo Irracional, especialización productiva, nuevo orden mundial, subsidios a la exportación de los países desarrollados, materias primas transgénicas, posición de los bloques económicos, extracción de recursos naturales a bajo costo y valor*).
- **Nivel Nacional** (*Política económica y ambiental deficitaria, inestabilidad institucional, corrupción y cooptación de voluntades, falta de políticas estratégicas de mediano plazo, sistema científico tecnológico enfocado en la productividad agroexportadora, extranjerización de tierras*).
- **Nivel Regional o Agroecosistémico** (*Cambios en el uso de la tierra, efectos de la Intensificación tecnológica, concentración productiva, monocultura, inversiones de capitales foráneos al sistema, disminución del empleo rural, degradación ambiental*).

Fuente: PENGUE (2005), 136.

Este cambio en el modelo productivo produjo transformaciones en los agroecosistemas de la Región Pampeana, cuyas consecuencias fundamentales han tenido relación con los procesos de erosión y pérdida de fertilidad manifestados en las principales cuencas productivas de la Región. Junto con la siembra directa, el consumo de fertilizantes ha sido de los factores representativos de la década de los noventa. Desde la implantación de la siembra directa, el consumo de urea y fosfato diamónico, han sido de los fertilizantes que más comienzan a consumirse.

5. Bajo La Pampa Argentina, descansa un futuro desierto

El caso de Argentina es singular, y aun en Argentina que cuenta con una corta historia agroproductiva ambiental, los impactos ya se reflejan a lo largo del dilatado territorio. Al principio, fueron los ovinos, ingresados a La Patagonia por los colonos galeses e ingleses en el siglo XIX, que importaron una práctica y una tecnología inapropiada para esa ecoregión, y en menos de un siglo... la convirtieron en desierto.

Luego, el proceso continuó con El Chaco, donde primero se eliminaron los quebrachos para utilizar los durmientes que constituirían la desigual red ferroviaria que serviría para exportar estos y otros productos de la periferia a las metrópolis europeas, especialmente inglesas. Siguió el algodón hacia el este y la caña de azúcar hacia el Oeste y todos los otros cultivos de base exportadora, continuando un ciclo de depredación de la naturaleza, subvaluación del recurso, exportaciones mal pagadas y tecnologías pobremente adaptadas a las realidades regionales.

La acción antrópica del colono, a principios del siglo XX comenzó a cambiar rápidamente el panorama rural argentino. El pasto fuerte era generalmente quemado para arar e implantar primero las tres cosechas permitidas por el terrateniente al colono y luego la alfalfa y el trébol que por contrato debía sembrar en los campos del dueño. Estos forrajes, junto a las semillas del cereal perdidas en el rastrojo, daban origen a pasturas de productividad excepcional para la cría y el engorde del ganado, mientras el colono pasaba a otro campo con “pasto fuerte” para reiniciar su ciclo de agricultura trianual. El valor de la tierra, impedía en general, al colono acceder a la misma. Primeras rotaciones agrícola-ganaderas que facilitaron el paso de pastos duros a “blandos”, y que por otro lado expandieron la pampa hasta más allá de sus límites.

Esta corta historia sucedió sobre suelos vírgenes, con elevados contenidos de *loess*, materia orgánica y muy bien estructurados. En esta primera etapa, las labranzas con herramientas inadecuadas, asociadas a sequías impactaban puntualmente pero no afectaban (cuando volvían las condiciones climáticas) las condiciones productivas del suelo por la elevada recuperación del mismo (resiliencia), lo cual a pesar de todo, permitía mantener un ámbito original con muy escasa disminución de su capacidad productiva,

Recientemente un nuevo ciclo húmedo, expandió la agricultura y desplazó directamente a la ganadería hacia las zonas más marginales de Las Pampas, alterando un ciclo de extracción/reposición a través de la agricultura/ganadería que duró casi cien años. Un proceso que hoy en día, se sostiene sobre una creciente sobrecarga de insumos externos, sin reposición natural.

6. El suelo virtual: la exportación de nutrientes

Desde mediados de la década de los setenta, los suelos de la región pampeana comienzan a sufrir una extraordinaria presión, fruto de la transformación de la actividad agrícola generada por la adopción de la moderna tecnología, la concentración económica y aumento de la escala, nuevas formas organizativas y fuerte orientación y dependencia del mercado exportador. En ese período comienza una veloz expansión hacia las monoculturas maicera, girasolera y triguera (agriculturización) para más adelante concentrarse en el cultivo de soja (sojización), práctica que se difundió velozmente en las épocas posteriores, al poder ser combinado en un planteo rotacional bajo el sistema de siembra directa, con trigo. Esta situación mejoraba la situación financiera de los productores, al facilitar la combinación ajustada de ciclos

productivos y por ende encajar tres cosechas cada dos años. En una primera etapa, la intensificación agrícola se llevó adelante basada en labranzas convencionales que incrementaron los procesos de erosión hídrica y eólica y luego con la implementación desde mediados de los noventa con la técnica conservacionista de la siembra directa (PENGUE, 2000).

La actividad agrícola forma parte de cada uno de los ciclos de los nutrientes. De hecho la fijación en el suelo, su extracción, circulación y sustitución al mismo funcionará de distinta manera, en tanto y en cuanto los distintos productos de las transformaciones agropecuarias, se transforman y consumen en fuentes demandantes cercanas o lejanas del lugar original donde se encuentra el nutriente.

No será lo mismo entonces, revisar lo que sucede en la producción del maíz, girasol, el trigo o la carne (vacuna), que con la soja, especialmente siendo ésta última destinada casi en su totalidad a los mercados externos, mientras los primeros mantienen -con sus vaivenes- un consumo interno algo sostenido, desigual, pero integrado aun en parte hacia la sociedad local.

Aquí, en el análisis de los productos de exportación que salen del país y utilizan una importantísima porción de los ricos suelos pampeanos, se deben considerar la evaluación del suelo virtual.

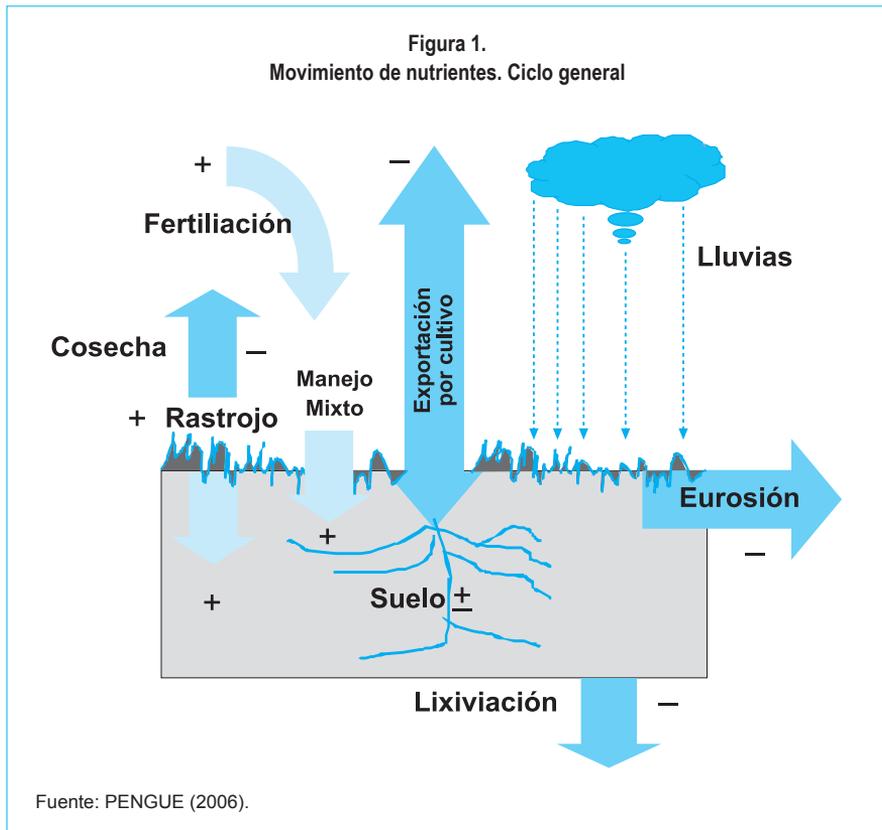
El suelo virtual (PENGUE, 2009) es la cantidad de nutrientes (extraídos del suelo para la composición de las estructuras funcionales de la planta y granos), contenidos en los granos exportados y medido en gramos, kilogramos o toneladas del nutriente evaluado, según sean éstos micro, oligo u macroelementos.

7. Los que se van...

El área sembrada con soja en la Argentina viene teniendo una expansión marcada desde 1987 que aparentemente no se detendrá, con un salto de 4,3 millones de hectáreas a poco más de 18 millones en la última campaña. Este incremento en el área sembrada es el que explica el aumento en la producción desde 9,9 millones de toneladas en 1987 a las más de 44 millones de toneladas en la actualidad, ya que los rindes promedio se mantuvieron estables, es decir, no hubo un importante incremento en la productividad de la soja.

Si bien las técnicas de cultivo cambiaron a lo largo del período (nuevas variedades, fechas de siembra, sistemas de labranza y manejo, control de malezas y enfermedades, barbecho químico, siembra directa), es posible adelantar que en la cuestión de fertilizantes minerales, el consumo en el cultivo de soja ha sido muy escaso hasta ahora, lo que implica que existió como veremos una exportación neta de diferentes nutrientes.

La pérdida de nutrientes del suelo, sin embargo, no se debe sólo a la extracción que hacen las cosechas, sino que el manejo que se haga del mismo y los procesos erosivos al igual que la lixiviación tienen un papel importante dentro de este flujo de materiales (Figura 1).



Haciendo especial hincapié sobre la situación de los nutrientes, es posible entonces encontrar fuentes de pérdida y de ganancia, donde además tendrá importancia el sistema de manejo que se aplica.

Las fuentes de ganancia que se pueden considerar son:

- Abonos orgánicos y efluentes animales
- Deposición atmosférica
- Sedimentación
- Rastrojos de cosecha (cuando se dejan, caso de la siembra directa)
- Fertilizantes de síntesis

Las fuentes de pérdida en los sistemas agrícolas son:

- Productos cosechados
- Remoción de los rastrojos de cosecha
- Lavado de nutrientes
- Pérdidas gaseosas
- Erosión

Esta es una situación especialmente importante, durante los últimos años, donde además del avance hacia la agriculturización se ha producido una fuerte concentración en la plantación recurrente de soja, que además de ser altamente extractiva de nutrientes produce un efecto que, incluso a pesar de la siembra directa, genera un proceso erosivo que arrastra también una proporción creciente de nutrientes.

Es importante considerar que la situación de manejo local o regional en el caso del balance completo de los nutrientes es sumamente compleja, pero no obstante, las tendencias de extracción pueden ser demostrables. Calcular el balance simplificado cuyos términos sean parámetros como cosecha, extracción, valor de la reposición, puede constituir una herramienta indicadora del grado de alejamiento o acercamiento a la sostenibilidad del recurso suelo y su productividad. Especialmente en aquellos territorios donde se contaba con una base de nutrientes muy importante como en general se ha visto en las etapas originales de La pampa.

Para el cálculo de la exportación de nutrientes por las cosechas, es necesario considerar la concentración de los mismos en los granos y el nivel de producción alcanzado por periodo. Existe una considerable diferencia de exportación de nu-

trientes básicos por unidad de peso de grano, originada por los diferentes cultivos de difusión en la región pampeana. El cultivo de soja duplica aproximadamente la concentración de estos elementos que en el trigo, el maíz o el girasol.

La alta extracción de nutrientes, las reducidas prácticas de manejo y su concentración en pocos cultivos sin ganadería, y la muy escasa reposición han resultado en la degradación de los suelos especialmente aquéllos con mayor frecuencia de soja en la rotación, es decir, aquellos suelos que han seguido un modelo de agricultura continua durante muchos años.

Por otro lado, es importante considerar que a diferencia de otros cultivos, la soja “produce” incluso en suelos ya degradados o con bajo contenido general de nutrientes, a pesar de la adversa situación.

Es para considerar, que al contrario que otras regiones del mundo con una historia agrícola antiquísima (China, Europa), donde se ha producido por centurias una extracción importante de nutrientes, con mejor o peor manejo según las circunstancias, conocimiento y tecnología, los suelos de la República Argentina, luego de poco más que una centuria, son aún prístinos en cuanto a su riqueza nutricional. Asimismo, hoy más que ayer, contamos con una historia agroambiental del mundo y de las regiones que antes no teníamos y que nos obliga a pensar si extraer nutrientes sin buen manejo rotacional, es bueno para la estabilidad ambiental y económica en el mediano plazo de Las Pampas.

Es de hecho un error, pretender revisar y comparar para su manejo (por fertilizantes minerales) la situación de territorios y suelos que ya gastaron sus recursos respecto de aquéllos que aún no lo han hecho y que, como en la Argentina, deberían ser entonces manejados bajo otro prisma.

En el caso de la soja, también se debe considerar especialmente, la rápida acumulación de los nutrientes principales (N, P y K) desde las etapas tempranas del crecimiento del cultivo. Esto es una evidencia de la veloz demanda nutricional del cultivo desde el comienzo del ciclo, lo que se relaciona con el rendimiento posterior en grano. La alta relación entre la acumulación de nutrientes en planta entera y el rendimiento en grano evidencia la dependencia del mismo respecto de los macronutrientes principales. La proporción de éstos en grano a la madurez del cultivo evidencia la importante exportación que se realiza de los mismos, esto es, la traslocación de nutrientes plantas/grano, que es muy alta en el caso del cultivo de soja, que ronda porcentajes del 68, 62 y 50 para el N, P y K, respectivamente.

Nuevamente, el cultivo de soja, a diferencia de los otros cultivos (maíz, trigo, girasol) producidos en Las Pampas y sus extraregiones presenta:

- Un menor aporte de biomasa o reposición de materia seca al suelo. Menos carbono.
- Una intensa extracción de nutrientes y posterior traslocación al grano.
- Una exportación neta de granos de soja (casi un 98%) que salen en forma completa del agroecosistema, al exportarse al exterior en su totalidad, a diferencia de los otros cultivos.

Entonces, un productor agrícola luego de realizar un cultivo, tiene su suelo más pobre que al inicio de la campaña. Tomando sólo el nitrógeno, el fósforo y el azufre se puede concluir que la soja de primera tiene valores más extractivos, le sigue la secuencia trigo soja de segunda y en tercer lugar el maíz. Se apela a la caja de ahorros del suelo. Por ejemplo, en suelos franco arenosos de la región pampeana, considerando el sistema productivo real, se puede pronosticar un agotamiento total de nuestros suelos en unos 50 años, aun considerando el aporte de fertilizantes.

Hasta el momento, a pesar de ser pareja la extracción de nutrientes, la gran disponibilidad en el suelo de algunos de ellos, enmascara posibles déficit.

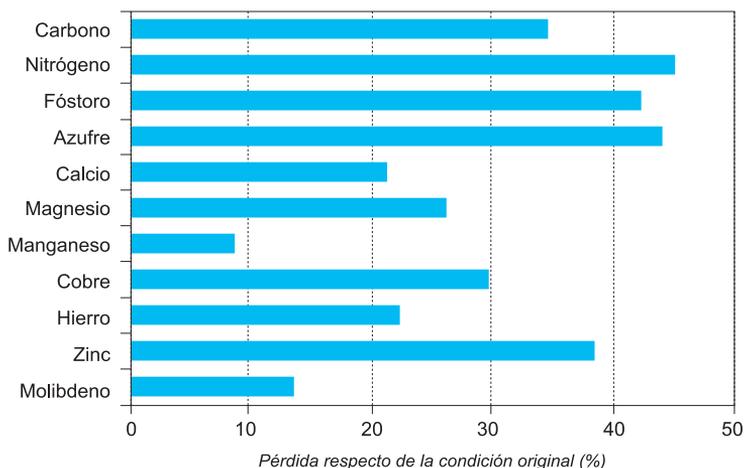
A diferencia de lo que ya se percibe con el nitrógeno, el fósforo, el azufre, la aún importante disponibilidad de nutrientes como el K, el Ca, Mg o S, no se revisa muchas veces con la misma intensidad a pesar de ser elementos que de manera recurrente también salen junto a las cosechas (Gráfico 2).

La alta producción de soja esconde la elevada salida de los nutrientes del suelo que salen del país, al salir casi el 90% de la soja producida y transformada en tortas y aceites hacia los mercados de ultramar.

De allí la importancia de la consideración del suelo virtual en las exportaciones granarías, particularmente de soja, un cultivo directamente vinculado al comercio internacional y cuyo consumo en lugares tan alejados de las áreas de producción impide el funcionamiento adecuado de los ciclos de los nutrientes.

Si la comparamos con otros cultivos como el maíz, el trigo, el girasol o la alfalfa, *la soja, es uno de los cultivos que más nutrientes extrae del suelo por unidad de materia seca producida*. Éstos los obtiene de dos formas, por una eficiente extracción selectiva del suelo y producción propia (caso del nitrógeno) o por un agregado continuo externo vía fertilizantes minerales.

Gráfico 2. Pérdidas de nutrientes respecto a su condición original en un suelo Argiudol típico Serie Pergamino, después de 80 años de agricultura continua



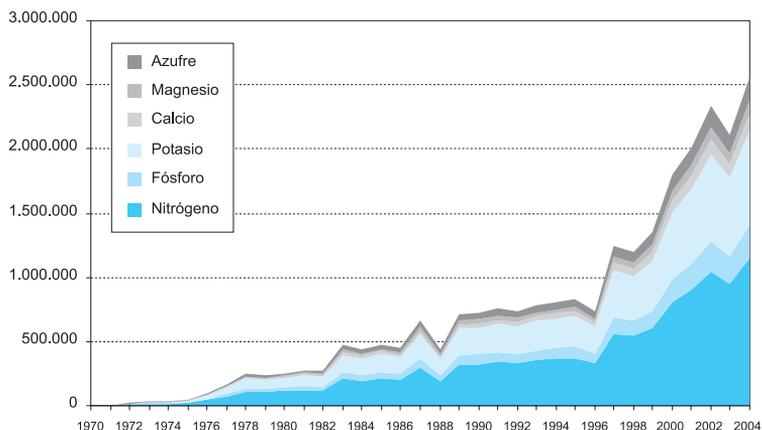
Fuente: ANDRIULO *et al.* (1996).

En el caso de la soja son 18 los elementos que se consideran esenciales.

La soja, provee un rastrojo rico en nitrógeno (baja relación carbono nitrógeno) que se descompone rápidamente, dejando al suelo con muy poca cobertura y expuesto a la acción erosiva. Es decir que incluso, con siembra directa, el hacer soja sobre soja, como se viene haciendo en la Argentina en la última década, es una práctica insustentable. Aparece allí una doble vía de reducción del *stock* de materia orgánica del suelo. Por un lado, debido a que la tasa de adición de rastrojos no alcanza a compensar la tasa de mineralización y por otro, la erosión se lleva aproximadamente un 0,1% de materia orgánica por cada centímetro de suelo perdido, de acuerdo a mediciones realizadas por el Instituto de Suelos del INTA en la Subregión Pampa Ondulada.

El efecto de la agricultura continua, especialmente sojera, no sólo muestra el desbalance que se produce en el sistema por este desplazamiento en términos de nutrientes perdidos, nitrógeno y fósforo, sino que se produce un incremento sustantivo en los consumos de energía fósil, contaminación con pesticidas, disminución del carbono intercambiable, aumento de los riesgos de erosión e intervención del hábitat.

Gráfico 3. Extracción estimada de los principales seis nutrientes para las campañas 1970/71 a 2004/05 del cultivo de soja en la Argentina. En toneladas



Fuente: PENGUE (2006b), p.216.

La salida de nutrientes junto con la soja argentina, muestra un fuerte punto de inflexión desde mediados de la década de los años noventa (PENGUE, 2006).

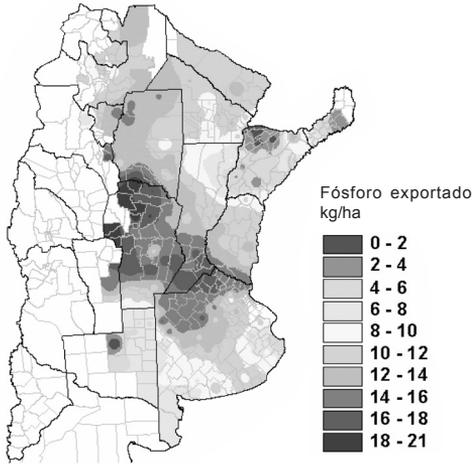
No es una cuestión menor que en el año 1996 se libera comercialmente la soja transgénica en el país, que los agricultores adoptan masivamente en muy escaso tiempo.

El fuerte pico de extracción de nutrientes, comienza a mostrarse allí acompañando el desplazamiento hacia la monocultura de soja, un cultivo que extrae, como he resaltado, una gran cantidad de nutrientes a través de su grano (Gráfico 3).

8. Soja y extracción de fósforo

El fósforo es un elemento esencial para la producción agrícola. Asimismo, toda la Región Pampeana argentina, unos 55 millones, no tenía limitaciones en la disponibilidad de este elemento hasta principios de los años ochenta. A partir de allí comenzó una pérdida, que implica directamente un agotamiento por un lado y por el otro importantes pérdidas económicas.

Mapa 1. Fósforo (P) exportado en kg/ha en los principales territorios sojeros de la Argentina



Fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Instituto de Suelos (2003).

La frontera entre las áreas de suficiencia y deficiencia, 20 y 10 ppm respectivamente, va desplazándose paulatinamente hacia el Oeste. Lo mismo está sucediendo en el Sur de Santa Fe y el Oeste de la provincia de Buenos Aires. Los suelos agrícolas del Noreste santafesino presentan bajo contenido de P disponible al igual que porciones importantes del territorio del Sudoeste cordobés.

La tasa de extracción anual está creciendo en toda el área a su vez, por el cambio importante hacia agricultura continua. Se puede observar que la extracción del nutriente (poco móvil en el suelo), se concentra en las áreas del núcleo sojero/maicero de la Argentina, extendiéndose incluso en la actualidad, hacia las zonas más marginales del sector productivo donde también se comienza

a producir soja, con nuevos grupos de madurez adaptados y bajo el sistema de siembra directa (Mapa 1).

Entonces, por una parte Argentina exporta granos, con una extracción importante de nutrientes, incluso bajo sistemas de labranza diferentes hasta con aquellos “más sustentables” como la siembra directa, incrementando la deuda ecológica regional al no permitir la reposición natural rotacional y por otro lado, importa barcos con fertilizantes minerales para suplir y mantener artificialmente estos niveles productivos. En ninguno de los dos casos, esta extracción-reposición, se puede contabilizar como un crédito al balance final de nutrientes del suelo, lo que implica un coste directo no reconocido y por tanto una externalidad, pagada socialmente por la degradación del recurso natural. Pero además, esta artificialización y utilización del sistema, especialmente cuando se aplican fertilizantes minerales, puede esconder efectos degradatorios del medio ambiente enmascarados durante un cierto tiempo.

9. Hacia la desaparición de los mejores suelos del mundo?

La producción de alimentos estará restringida, por lo menos durante los próximos treinta años, por tres variables:

- 1) La actual lógica productivista y dependencia del suelo como elemento crucial para esta provisión (más allá de las consideraciones de los mares, el aire u otras fuentes y espacios para la producción).
- 2) La tecnología actual y futura del mediano plazo, que ya presenta a pesar de sus tremendos cambios, su *plateau* productivo
- 3) El agotamiento de los mejores suelos del mundo y las presiones sobre los mismos del comercio internacional de granos.

En la Tierra, de 148 millones de km² de tierra, más de 31 millones de km² son arables o bien con calidad productiva para la producción agrícola; sin embargo, esas tierras se pierden por erosión a una tasa de 100.000 km² por año.

Además de esas tierras disponibles, sólo el 23%, responden a suelos ricos en nutrientes y con escasas o nulas limitaciones productivas.

Entre estos ricos (Ver Mapa 2) suelos se destacan en América, los conocidos como pertenecientes al famoso cinturón maicero (*corn belt*) de los Estados Unidos, que ocupan gran parte de los territorios de Illinois, Indiana, Iowa, Missouri, Ohio y parte de los estados de Kansas, Michigan, Minnesota, Nebraska y Wisconsin y los de nuestras Pampas en particular las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, Entre Ríos y San Luis, junto con muchos suelos chaqueños, hoy puestos en producción bajo un elevado riesgo de insostenibilidad ambiental y social.

Los suelos más importantes desde el punto de vista agrícola están desarrollados en sedimentos eólicos cuaternarios que cubren las Planicies Chaco-Pampeana. Conocidas como las ecoregiones Chaco Seco y Húmedo, Espinal y Pampa. El material está formado por restos de rocas meteorizadas y también contiene cantidades significativas de vidrio volcánico, producto de la erupción de volcanes andinos.

Este sedimento se conoce como *Loess Pampeano* debido a su similitud con materiales y depósitos loésicos en otras partes del mundo. Desde el punto de vista mineralógico el *loess* es rico en minerales meteorizables con cantidades conspicuas

de calcio, potasio, fósforo y microelementos, así como materiales amorfos de origen volcánico. Las características físicas del *loess* pampeano favorecen la formación de horizontes superficiales bien estructurados, profundos, oscuros y adecuados para el desarrollo de raíces.

Otro área agrícola americana con ricos suelos tipo *chernozem*, es la pradera canadiense, considerada una continuación de la norteamericana, integrada por las provincias canadienses de Alberta, Saskatchewan y Manitoba, que ocupan una superficie de 1.960.681 km².

En Eurasia, se encuentran también ricos suelos, desde el nordeste de Ucrania, pasando por la Región Central de la tierra negra (la tierra de los *chernozem*) en Rusia, que abarca las provincias (*óblasti*) de Bélgorod, Kursk, Lipetsk, Oriel u Orël, Tambov y Voronezh siguen hacia el Sur del país (por el Norte de Kazajistán) y casi llegan residualmente a proyectarse hasta el Sur de Siberia.

Otras áreas ricas en suelos en Asia, pero severamente disturbadas se encuentran en China que tiene 94.970.000 de hectáreas de tierras cultivadas, concentradas sobre todo en las llanuras del Nordeste, Norte de China, de los Cursos Medio e Inferior del Changjiang, el delta del Zhujiang y la depresión de Sichuan.

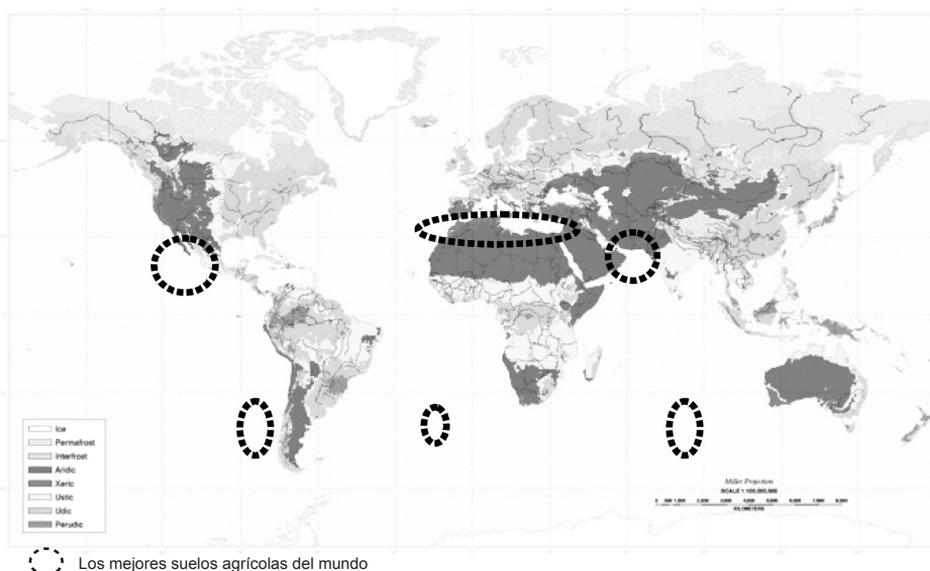
Una gran proporción de la llanura del Nordeste tiene suelo negro y fértil. La llanura de los Cursos Medio e Inferior del Changjiang está colmada de lagos, lagunas, ríos y riachuelos, conocida como *tierra de los peces y los granos*, es la principal zona productora de arroz y peces de agua dulce.

Además, pero en menor cuantía encontramos mundialmente, las zonas productoras del *veldt* (o *veld*) de Sudáfrica que ocupa unos 300.000 km², y los territorios rodeando los desiertos en Australia, especialmente hacia el Este del país.

No obstante, la mayoría de los suelos mencionados tienen igualmente limitaciones restrictivas en términos climáticos (como los de EEUU, Canadá, Rusia o China) o por agotamiento por nutrientes (como el caso de los suelos chinos, utilizados ya durante miles de años), a excepción hasta ahora de un único caso: los suelos pampeanos.

En la teoría económica, la doctrina sobre las bondades de la libertad de comercio lleva el nombre de teoría de las ventajas comparadas (MARTÍNEZ ALIER, 1998). Sin embargo, bajo esta visión poco caso se hace sobre las formas de extracción y degradación incluso de los recursos que hacen a ese crecimiento económico.

Mapa 2.
Los grandes tipos de suelos y la ubicación de los mejores suelos agrícolas del mundo



Como he argumentado, Argentina ha exportado y exporta millones de toneladas de nutrientes naturales que por supuesto, no se recuperan de manera racional. La actual demanda por agrocombustibles, no solo degradará y producirá una mayor deforestación en tierras hasta ahora cubiertas por selvas y bosques sino que, como aquí argumentamos, producirá una importante extracción de nutrientes y por ende de suelo virtual, de las mejores tierras del mundo.

Es a partir de entonces, donde comienzan a escucharse tanto en el discurso oficial como en el privado, demandas crecientes sobre la necesidad de insumos externos para sostener e incrementar la producción. La demanda por un aumento en el consumo de fertilizantes minerales es una de ellas. Ya entrados en el siglo XXI esta demanda es aún mucho más intensa, al percibirse que el modelo productivo no puede sostenerse sin el consumo de fertilizantes minerales.

La reposición mineral de nutrientes no es una solución de largo plazo, dado que repetiremos los mismos errores que Europa o EEUU, produjeron derivados de sus sistemas de producción y manejo tecnológico y hoy padecen en términos de contaminación, eutrofización y degradación de ecosistemas.

Al pasivo ambiental en tantas áreas de este país, se suma la degradación y pérdida de estructura y nutrientes de muchos de los suelos más ricos del mundo, aquéllos alojados en la Pampa argentina, y que fueron la base de su riqueza, que si bien siempre mal distribuida, permitió ciertos procesos de expansión y progreso en épocas pasadas.

La fuga de materiales –resultado de la erosión– sumado a una extracción minera de nutrientes y el abandono de las rotaciones con ganadería, está planteando que estos suelos se vean obligados a ser fertilizados masivamente, con agroinsumos sintéticos, en poco tiempo.

Degradación, exportación de nutrientes como suelo virtual, erosión y desertificación tienen una directa consecuencia ambiental, escasamente perceptible hasta su materialización en la imposibilidad productiva, lo que se manifiesta en algo aún más terrible: el aumento de la pobreza, la devaluación económica de los recursos y el aumento del costo social.

Históricamente la Argentina tuvo, sobre los suelos pampeanos, un proceso de descarga y reposición que le permitió de alguna forma en su historia agrícola centenaria, mantener su base de nutrientes, bajo un proceso de recuperación natural. En algunos casos, y por cierto, desde los orígenes de la agricultura estos procesos tendieron a disminuir, pero nunca hasta ahora a poner en riesgo la base productiva. Actualmente, un nuevo proceso de intensificación de la agricultura, de base sojera, produjo una extracción selectiva de nutrientes con escasa posibilidad de recuperación natural. Algunas tecnologías, como la siembra directa, pueden mostrar una mejora en algunos indicadores de la calidad del suelo, lo que no podría extenderse, de todas formas a una sustentabilidad asegurada del recurso, en tanto y en cuanto esta tecnología se sostiene en el uso consuntivo de herbicidas como base de su modelo productivo.

El caso de la agricultura sojera industrial es entonces, especial. La recuperación de los nutrientes, no se ha realizado como ya se mencionó por la vía natural ni tampoco por la vía de la reposición mineral, estando aún los consumos muy alejados de la demanda potencial de cada cultivo. *Por tanto, es más que claro que la riqueza exportada proviene directamente del suelo pampeano.*

La historia de los cultivos en Las Pampas se desarrolló sin el agregado de fertilizantes minerales. La llegada de estos fertilizantes nitrogenados y fosforados a los planteos de cereales y en menor medida, de oleaginosas, ha adquirido sólo recientemente (última década), una dimensión importante, lo que ha estado asociado

mas a la posibilidad de *aumentar los rendimientos de los cultivos que a una conciencia sobre la necesidad de reposición de nutrientes del sistema para conservar el capital natural.*

En el caso de la soja, algunos estudios indican que con una mayor intensificación en el uso de los fertilizantes y riego suplementario, con las variedades disponibles, se podrían alcanzar rendimientos de más del 30% que los actuales. No se ha evaluado, la extracción diferencial y los costes ambientales de estos incrementos de productividad que se esperan en las próximas campañas.

Según relevamientos recientes, la soja esta comenzando una etapa de adopción acelerada de la fertilización mineral.

Sí existe una manifiesta preocupación sobre la información generada acerca de la situación de los suelos en la Argentina, en cuanto a la insustentabilidad de la producción, tanto en el área pampeana como extrapampeana, llamando a la atención sobre la importancia de la fertilización mineral. La escasa reposición de nutrientes por fertilizantes es el otro punto a considerar y que en el caso del fósforo es inferior al 20% de lo extraído por el cultivo de soja. Esta situación se debe principalmente a que una buena parte del cultivo se realiza en tierras con pocos años de agricultura (p.ej.: Región Chaqueña) sobre suelos ricos en ese elemento, pero con niveles de fertilidad en acelerado descenso.

10. Los costos evaluados de la exportación de nutrientes

Las exportaciones de nutrientes generados por el modelo sojero, no pueden esconder a los ojos de la economía ambiental, una salida creciente en términos de nutrientes que no dejan de poner en duda la supuesta eficiencia de la agricultura exportadora. En la Región Pampeana, la externalidad generada por la extracción de nutrientes se ha evaluado por varios autores, pero en relación con la exportación de nutrientes, y sólo de aquéllos de mayor demanda por los cultivos en términos de volumen requerido o que limitaban al ya no disponerse con ellos en el suelo, los rendimientos.

Estos son nitrógeno, fósforo y potasio. En este sentido, las dosis minerales aportadas en promedio por hectárea durante la última década, no estuvieron asociadas a las tasas de extracción de los principales cultivos (trigo, maíz y soja).

En términos de volumen extraído con el cultivo soja, desde los comienzos de la agriculturización en la década de los setenta (1970/71) hasta el año 2005,

Argentina ha perdido 11.354.292 millones de toneladas de nitrógeno (ya descontada la reposición natural), 2.543.339 millones de toneladas de fósforo y valores muy elevados de los demás nutrientes y oligoelementos, a pesar como he comentado de su buena disponibilidad en un suelo, que no obstante se va vaciando.

A valores en dólares¹, y solamente tomando como referencia una equivalencia con la restitución de lo perdido (que asumimos es una simplificación de la realidad del balance de nutrientes), con fertilizantes minerales, los costos incumben cifras sumamente elevadas. Argentina debería ser resarcida con u\$s 2.895.344.460, 2.638.055.818, 890.168.650, 461.509.880, 86.251.130 y 71.531.320 para el nitrógeno, potasio, fósforo, azufre, calcio y magnesio exportados.

En el caso de la producción sojera pampeana, la extracción de nutrientes ha sido especialmente importante, por ser esta una de las áreas de mayor producción de la oleaginosa.

Las provincias pampeanas (Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba) alcanzaron en conjunto una extracción total de elementos mayores (N, P, K, Ca, Mg, S) de 20.305.794 toneladas y 244.449.822 kilogramos de micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn), siempre tratando exclusivamente la extracción de la soja.

La extracción por hectárea, durante todo el periodo ha sido también muy alta llegando a los 158 kilogramos para los nutrientes principales (N, P, K, Ca, Mg, S).

La degradación del suelo, en el caso que nos ocupa de la extracción de nutrientes, siempre fue vista por una parte de los colegas agrónomos argentinos y algunos institutos de investigación agrícola como “*un problema de balance*”, donde para resolver la cuestión, era necesario solamente incrementar la reposición vía fertilizantes minerales. Ello no es del todo acertado, al no considerar en este proceso los costos devenidos de las externalidades producidas en este proceso de intensificación agrícola creciente y que son de tipo ecológico (contaminación química, degradación física, eutrofización, incremento del riesgo ambiental) y a la salud (aumento de las enfermedades producidas por contaminación, agroquímicos tanto en trabajadores como en la población rural y periurbana).

¹ Los valores utilizados han sido u\$s 255 por tonelada para la urea perlada, u\$s 350 fosfato diamónico, u\$s 338 KO₂, u\$s 70 dolomita, u\$s 260 sulfato de amonio. Los datos referenciados se tomaron del programa FERTILIZAR, del INTA y la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina en conjunto con empresas privadas. Se considero asimismo que se utilizaría este valor, equiparando al fertilizante incorporado respecto del exportado en una relación 1:1. Los fertilizantes minerales no aportan en tanto en esa relación, dado que su contenido específico del nutriente es menor, por ejemplo en el caso de la urea de un 46%; fosfato diamónico, 64%; sulfato de amonio, 45%.

Pero por otro lado, es la intensificación de la agricultura sojera, vinculada a las exportaciones y la dependencia de los recursos obtenidos de las retenciones (impuesto del gobierno a la exportación de granos), hacen que este proceso de producción permita al gobierno contar con divisas para el pago de deuda y mantener un sistema de planes sociales, que hoy día ya se debía haber superado, con propuestas productivas y de trabajo superadoras, utilizando los mismos recursos de estos impuestos. Otra vez hoy en día, las estimaciones del gobierno argentino, “confían” en los ingresos por las exportaciones de soja y los buenos precios del petróleo para seguir “acumulando reservas”. Para un plan nacional de desarrollo rural, la cifra retenida no es menor, al estar hablando de prácticamente 3.000 millones de dólares anuales por esta vía, que se pierden en una administración social ineficiente y no vuelven, como es posible hacer, a reproducirse en producción y trabajo hacia el propio sector rural, hoy amenazado por esta agricultura industrial que se fomenta.

A medida que se avanzó en el proceso de agriculturización, considerando los tres cultivos, trigo, soja y maíz, las pérdidas de nutrientes y el costo de reposición de los mismos, por restitución mineral ha ido en aumento. Esto se produce por dos motivos: por un lado el aumento de la superficie ocupada por los principales cultivos y por el otro, por la demanda de cada vez más nutrientes, al utilizarse, especialmente en este período, nueva genética que incrementa los rendimientos pero demanda una tasa extractiva mucho mayor (en el campo se dice “hay que darles de comer, para que rindan...”). Incluso, el aporte de fertilizantes minerales, se rige por la relación beneficio/costo por unidad producida, pero no en términos de la necesaria reposición natural, cuyo “capital” se degrada de manera casi constante.

La incorporación del cálculo del costo de los nutrientes naturales exportados, el suelo virtual exportado, junto con el agua virtual utilizada debería formar parte de instancias de análisis, especialmente cuando se trata de una degradación, que para ser recuperada por los mismos canales de la intensificación productiva, sólo se haría a través de nutrientes minerales, que tienen un importante costo en el mercado internacional.

En el caso de los macronutrientes, la cifra que se debería haber restituido al ambiente para reponerlos desde el momento en que la soja llega a la Región alcanza un promedio anual de alrededor de 400 millones de dólares, por ejemplo para el último quinquenio.

También es importante, tener en cuenta que a pesar, de lo demostrado respecto a la buena disponibilidad general de micronutrientes en Las Pampas, su extracción es creciente y son estos factores importantes, por ser en el futuro su posible

deficiencia, limitantes para la productividad de las plantas. Su salida recurrente, en algún tiempo, obligara a la utilización de fertilizantes minerales, que en estos casos, son mezclas especiales, cuyos costos son proporcionalmente más altos que los de los macronutrientes.

11. El aumento de los riesgos sociales y ambientales

La agricultura industrial (PENGUE, 2005) que está en expansión en toda América Latina corroe otros procesos de producción y desplaza cientos de alternativas que son eficaces para el consumo local y regional, las cuales también están prácticamente amenazadas hoy.

Actualmente, la discusión sobre la pérdida de la soberanía alimentaria y en el acceso a una dieta suficiente y equilibrada pone en peligro las economías agrarias de países como Argentina, que podría duplicar fácilmente su producción diversificada en vez de concentrarse en el monocultivo de soja, que actualmente da cuenta del 50% de la producción de cereales, y ha desplazado otros productos como la leche, ganado, frutas, verduras y cereales; y prácticamente los ponen en riesgo de desaparecer.

Otro problema relacionado con el precio de los alimentos es que si los precios del producto siguen elevándose (maíz, soja, y muchos otros), las industrias competirán para obtenerlos (como es ya el caso de las agroindustrias de alimentos y energía) dejando finalmente a gran parte de la población sin acceso a los alimentos.

Además, los modelos intensivos de producción agrícola han aplastado los modelos de la agricultura familiar (PENGUE, 2008), que eran los que producían una variedad más grande de productos dirigidos al rápido consumo de la población local. Debemos recordar que éste último, es el modo cómo se producen más del 50% de los alimentos en América Latina.

En América Latina, dos tercios de la población, es decir aproximadamente 400 millones de seres humanos, no tienen acceso regular a los alimentos. Un presidente de la región recientemente prometió tres comidas calientes al día para toda la población. Aquel presidente no sabía que en ese preciso momento literalmente no había suficiente comida en el territorio del país, porque él o ella habían orientado el país exclusivamente hacia las exportaciones de productos. La tierra es escasa e independientemente del destino que le demos estará estrechamente ligado al des-

tino de nuestras propias naciones. En Brasil, este modelo todavía puede ampliarse, aunque obviamente a un costo ambiental, pero en otros países de la región, éste ya no es el caso (p. ej.: Argentina).

El dilema de elección entre biocombustibles o comida es una realidad en Argentina. Hay un límite de tierra disponible (PENGUE, 2008), y ningún aumento de la productividad de las cosechas puede cambiar este hecho. Hay una seria desigualdad entre un destino y otro, y esto debe revisarse de una manera integral más que parcialmente.

H. T. Odum y E. Odum lo declararon claramente, diciendo que el mundo no puede seguir cultivando, consumiendo energía, y dependiendo de este modelo (ODUM & ODUM, 2001). Nicholas GEORGESCU ROEGEN, el padre de los economistas ecológicos, declaró (de una forma que nos hizo entender la importancia de la energía en el sistema alimentario) que *no existe nada como eso de una comida gratis*.

12. Agua virtual en la exportación de biocombustibles

El agua virtual es la cantidad de agua necesaria total para la producción de un determinado bien. Con el comercio internacional de grano o cualquier producto (biodiésel, bioetanol), hay un flujo virtual del agua de países productores y exportadores a países importadores y consumidores de esos bienes. Un país con déficit hídrico puede importar productos que requieren mucha agua para su producción en vez de producirlos en el país. Hacerlo así, permite verdaderos ahorros de agua, aliviando la presión en las fuentes de agua propias, o deja disponible el agua para otros objetivos. Los países “ricos” en estos recursos podrían verse afectados por la sobreexplotación, por otro lado, de sus fuentes de agua.

La huella hídrica es un indicador del uso del agua que se enfoca tanto en el uso de agua directo como en el indirecto de un consumidor o productor. La huella hídrica de un individuo, comunidad, o negocio se define como el volumen total de agua dulce que se usa para producir los bienes y servicios consumidos por el individuo o la comunidad; o producido por el comercio.

Las huellas hídricas de los biocombustibles (MEKKO, 2008) se basan en el contenido de agua virtual de las cosechas calculadas por CHAPAGAIN y HOEKSTRA (2004). En su estudio, estos autores han calculado sólo el contenido de agua virtual por cultivo y país. Si el país en cuestión es grande, como por ejemplo Argentina

o Brasil, las condiciones crecientes pueden ser distintas en diferentes partes del mismo. Como sólo hay un contenido de agua virtual por cultivo en estos países grandes también, los contenidos de agua virtual de los cultivos no son tampoco valores exactos.

La producción de biomasa para los alimentos y la fibra en la agricultura requiere aproximadamente el 86% del uso del agua dulce mundial. En muchas partes del mundo, el uso del agua para la agricultura compite con otros usos tales como el abastecimiento urbano y el uso para actividades industriales. En un escenario de degradación creciente y de disminución de fuentes de agua, un cambio de la energía fósil por la energía de biomasa ejerce una presión adicional a las fuentes de agua dulce del planeta.

Hay grandes diferencias en las huellas hídricas para tipos específicos de transportadores primarios de energía. En conjunto, la huella hídrica de la energía de la biomasa es de 70 a 400 veces más grande que la propia para otros transportadores primarios de energía –excluyendo la hidroelectricidad (GERBENS-LEENES, HOEKSTRA, y VAN der MEER, 2008)–. Sin embargo, esto depende del tipo de cultivo, sistema de producción agrícola y clima. La tendencia hacia una mayor demanda de energía en combinación con la creciente contribución de energía de la biomasa traerá consigo por supuesto, una necesidad de mayor consumo de agua. Esto causa la competencia con otras demandas, como por ejemplo, el agua para los cultivos alimenticios.

Cuando los cultivos se usan para la producción de bioenergía, es más eficiente usar toda la biomasa, incluyendo los tallos y hojas, para generar electricidad, que usar sólo una fracción del cultivo (su azúcar, almidón, o contenido de aceite) para producir el biocombustible (VARGHESE, 2009). El promedio de la huella hídrica de la energía (m^3/GJ) es un factor de dos a cuatro veces más pequeño para la bioelectricidad (de biomasa completa) que para el bioetanol o el biodiésel. Esto se debe a que para la electricidad, toda la biomasa se puede usar, mientras que para el etanol o biodiésel sólo el azúcar, el almidón o la fracción de aceite de la producción se pueden aprovechar. En general, cuando se considera los biocombustibles para el transporte, la huella hídrica del bioetanol es más pequeña que del biodiésel (GERBENS-LEENES *et al.*, 2008).

13. Comentarios finales

La globalización del sistema mundial de alimentos, está conllevando a una sobreexplotación importante de recursos y a una aceleración de los ciclos productivos en términos no sustentables, que genera pasivos ambientales crecientes.

La expansión de los cultivos de soja en América Latina representa una amenaza reciente y muy potente para la biodiversidad en Brasil, Argentina, Paraguay y Bolivia. Los agrocombustibles son una parte importante de este modelo, que debe considerarse desde un punto de vista holístico. En primer lugar, la producción de biocombustibles hace elevar los precios de los alimentos debido a la competencia entre la industria energética y la industria alimentaria.

En términos ecológicos, las externalidades de la intensificación del modelo agroenergético no se están considerando. La pérdida de la biodiversidad en el Norte de Argentina, la deforestación y la degradación de los servicios ambientales son los problemas principales. La economía ecológica se enfoca en los estudios sobre la transformación de los indicadores biofísicos. La exportación de suelo virtual y la reducción de nutrientes es un nuevo indicador de la degradación del suelo y la degradación de la estabilidad medioambiental del sistema. Las huellas hídrica y el agua virtual, son indicadores que demuestran las tendencias de la creciente demanda de agua dulce. El agua dulce es uno de los recursos más valiosos en el Norte del país debido a su escasez (Gran Chaco), y limitante de la misma vida humana.

En otras palabras, los costos ambientales en que incurren las cadenas transnacionales de creación de plusvalía serán especialmente altos en los países del Sur y del Este, mientras que las economías postindustriales irán tornándose cada vez más benignas y afines con el medio ambiente.

El ejemplo de la discusión planteada inicialmente sobre la producción de biocombustibles sostenibles tanto en Europa como en las regiones proveedoras es una clara demostración de colocación de pasivos ambientales, que incluso en sus inicios conllevó a una ingenuidad conceptual y un desconocimiento regional global, que por suerte hoy en día esta revirtiendo.

El caso de la agricultura regional se muestra entonces paradigmático. Los nuevos espacios "vacíos" de producción comienzan a ocuparse y sobre ellos se avanza sin una consideración sostenible en el uso del recurso y tampoco incluyendo los costos de transformación involucrados.

La pérdida de biodiversidad es un proceso también intenso y que en algunos países está afectando recursos directamente vinculados a las ricas zonas boscosas. En el caso de la Argentina, se avanza con el cultivo de soja sobre campos ya transformados (provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba) pero también de la mano de las nuevas variedades se impulsa un proceso de sojización hacia el caldenal pampeano, los bosques de ñandubay entrerriano, las provincias de Corrientes, Misiones, el NEA con las ecoregiones del Chaco y el Monte y hasta parte del NOA en las selvas pedemontanas de Yungas.

La mayoría de estos procesos pasan por el hecho que las economías emergentes o de los países en vías de desarrollo acumulan aún una abultada deuda externa, cuyos servicios, acorde a los mecanismos implementados por el sistema financiero internacional les obliga a echar mano de los recursos con que cuentan bajo un uso totalmente irracional. Este factor, sumado a la instalación de enclaves productivos y concentradores del poder internacional genera un efecto de succión de recursos y degradación que sólo conlleva a la formación de crecientes pasivos ambientales y una deuda ecológica aún no reconocida por las economías ricas.

Los cálculos que desde la economía ambiental pueden lograrse para una mínima valuación de las externalidades involucradas en los sistemas de producción de monocultivo como la soja, no pueden incluir adecuadamente aún, los costos por los efectos producidos sobre la biodiversidad local y regional, la pérdida “completa” de los nutrientes, los costos por problemas de estructura o el aumento tendencial en los niveles de riesgo por contaminación al incrementarse los niveles de agroquímicos (fertilizantes, insecticidas, fungicidas y herbicidas) utilizados en la producción.

El crecimiento de los niveles de producción y el aparente enriquecimiento de ciertos sectores de la economía global, no puede soslayar los impactos que los procesos de transformación de los recursos tienen o tendrán en la sostenibilidad incluso débil de todo el sistema.

La pérdida de nutrientes es parte de este costo, la pérdida o mejora de los contenidos de materia orgánica, los problemas de acidez u alcalinidad, la pérdida de estructura, los problemas de infiltración o arrastre del agua en el suelo, las tasas de erosión y el riego, son también otros factores que no están incluidos en los costos.

La agricultura industrial, está generando importantes y profundas consecuencias sociales a escala del país.

El modelo global de agricultura industrial que ha llegado a la Argentina en la última década encontró una estructura agroproductiva perceptiva a los cambios, que adoptó en términos técnicos muy rápidamente, nuevos paquetes tecnológicos como la siembra directa, las sojas, maíces y algodones transgénicos, la intensificación en el uso de agroquímicos y nuevas maquinarias especializadas. Se abandonó prácticamente a la agricultura familiar a su suerte y tuvo y tiene una creciente preeminencia la agricultura industrial globalizada.

Los métodos y cálculos para la evaluación de externalidades sobre la agricultura industrial argentina permiten brindar inferencias sobre la precariedad de los métodos convencionales de cálculo agroproductivo en términos de las alternativas productivas y su sustentabilidad. Pero sin embargo, no pueden incluir los costos generados por externalidades inciertas o irreversibles como la pérdida de biodiversidad o la desaparición del sustrato productivo tanto para la generación actual como para las generaciones futuras.

No obstante se hace interesante, contabilizar en términos físicos la movilidad de los distintos recursos involucrados en el suelo pampeano, no para su inclusión en los cálculos de costo beneficio sino para su interpretación en términos del análisis de sustentabilidad, bajo un paraguas de relevamiento integrado de los recursos, como datos relevantes de indicadores biofísicos de (in) sustentabilidad.

El asumir, en términos de los volúmenes exportados, la fuerte extracción determinada a partir de mediados de los años noventa generados por el cultivo de soja y la forma en que se esta vaciando la caja de nutrientes de la Región Pampeana, puede entenderse como un aporte hacia los decisores de políticas y la sociedad argentina, que en muchos casos, considera que estos recursos son ilimitados.

La valorización de los mismos en términos crematísticos (es decir, como lo diría la economía convencional), ha pretendido mostrar que si los costes de producción incluyesen las externalidades, éstas en términos de fertilizantes a reponer, claramente mensurables, aportarían también a una organización más efectiva de los sistemas productivos y constituirían una nueva herramienta para comprender la sobreexplotación que enfrentamos.

Sin embargo, ha de verse que se debe insistir en que los modelos de medición de extracción de nutrientes no incluyen en su evaluación de costos, los importantes efectos que se producen por la alteración de los ciclos y las dinámicas particulares de cada nutriente. Los ciclos pueden sufrir modificaciones profundas en el tiempo y en el espacio y en distintos ambientes ecológicos.

La extracción de nutrientes puede comprenderse en términos de una aproximación a la evaluación de acercamiento o alejamiento a una sustentabilidad débil en la situación del suelo pampeano y como elemento importante a la definición de políticas ambientales sostenibles hacia el sector del que Argentina depende.

Por ese motivo, se ha presentado y discutido ampliamente en su conjunto el complejo proceso de la agricultura argentina con énfasis en la chacopampeana, donde la cuestión del suelo, su fertilidad y estructura es solo una parte de un agroecosistema más amplio que se ve transformado el que, en términos de su sustentabilidad fuerte, respecto de otros indicadores (ecológicos, sociales) nos muestran un importante alejamiento de un estado original cada día mas difícil de recuperar.

En estos términos, la información obtenida a través de indicadores, como esta sobre los nutrientes extraídos por la soja, no sólo enriquecerá el proceso de evaluación de la sustentabilidad en términos macroeconómicos y ayudará a dirimir deudas externas impuras y deudas ecológicas que nuestros negociadores nacionales deberán utilizar cada día con mayor intensidad en las discusiones de políticas no solo internas, sino de negociación internacional.

El enfoque aplicado ha sido de características integradoras y bajo el prisma de revisión de conflictos ecológico distributivos bajo la visión de la Ecología Política. Es decir, el análisis respecto a la salida y extracción de nutrientes, no solamente intentó reflejar un nuevo y único indicador sino y especialmente, manifestar y demostrar la preocupación sobre un modelo insostenible en el término de la utilización de los recursos del suelo, donde la soja, como monocultura, viene a representar un modelo de extracción degradatorio y de sobreexplotación pobremente analizado en toda su complejidad.

Referencias bibliográficas

- > ANDRIULO, A. *et al.* (1996), *Exportación y balance edáfico de nutrientes después de 80 años de agricultura continua*. En 13 Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Aguas de Lindota. Sao Paulo. Brasil.
- > BUZZI, E. *et al.* (2005). *La tierra. Para que. Para quienes. Para cuantos. Por una agricultura con agricultores*. Buenos Aires. Ediciones Ciccus. Fundación Centro Integral Comunicación, Cultura y Sociedad. pp.384

- > CARBALLO, S.; MARCO, N.; ANSCHAU, A. and HILBERT, J. (2008), *Spatial analysis of the potential crops for the production of biofuels in Argentina*. CIGR – International Conference of Agricultural Engineering. XXXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Brasil.
- > COSTANZA, R.; CUMBERLAND, J.; DALY, H.; GOODLAND, R. and NORGAARD, R. (1997), *An Introduction to Ecological Economics*. Boca Raton, Florida: St Lucie Press.
- > DALGAARD, R.; SCHMIDT, J.; HALBERG, N.; CHRISTENSEN, P.; THRANE, M. y PENGUE, W. A. (2007), *LCA of Soybean Meal*. Int J LCA, DOI: <http://dx.doi.org/10.1065/lca2007.06.342>.
- > GERBENS-LEENES, P. W.; HOEKSTRA, A. Y. and VAN DER MEER, TH. (2008), *The water footprint of energy from biomass: A quantitative assessment and consequences of an increasing share of bio-energy in energy supply*, Ecological Economics, doi:10.1016/j.ecolecon.2008.07.013.
- > INTA (2003), Instituto de Suelos. *Sustentabilidad de la agricultura en la Región Pampeana*. Castelar. Buenos Aires. Mimeo.
- > MARTÍNEZ ALIER, J. (1995), *De la Economía Ecológica al Ecologismo Popular*, Ediciones Nordan Comunidad. Icaria. Montevideo, pp. 286.
- > MARTÍNEZ ALIER, J. (1998), *Curso de Economía Ecológica*. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental N 1. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México, pp. 164.
- > MELKKO, A. (2008), *Water footprint of biofuels for transport: Finland and the EU in the year 2010*. Helsinki, Finland.
- > PENGUE, W. A. (2000), *Cultivos Transgénicos ¿Hacia donde vamos?*. Buenos Aires. Lugar Editorial. UNESCO, pp. 206.
- > PENGUE, W. A. (2005), *Agricultura industrial y transnacionalización en América Latina. ¿La transgénesis de un continente?*. Red de Formación Ambiental. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental N 9. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA. México, pp. 220.

- > PENGUE, W. A. (2006), *Modelo Agroexportador, Hidrovia Paraguay Paraná y sus consecuencias socioambientales. ¿Una compleja integración para la Argentina?. Una visión desde la Economía Ecológica y el enfoque multicriterial*. Coalición Ríos Vivos. Taller Ecologista. Rosario, pp. 72.
- > PENGUE, W. A. (2006), *Sobreexplotación de recursos naturales y mercado agroexportador: Hacia la determinación de la deuda ecológica con la Pampa Argentina*. Córdoba. España. Tesis Doctoral, pp. 303.
- > PENGUE, W. A. (2009), *Agrofuels and agrifoods: counting the externalities at the major crossroads of the 21st century*. BSTS. Canadá.
- > PENGUE, W. A. (2008), *La apropiación y el saqueo de la naturaleza. Conflictos ecológico distributivos en la Argentina del Bicentenario*. Lugar Editorial. Buenos Aires.
- > PENGUE, W. A. (2009), *Fundamentos de Economía Ecológica*. Ediciones Kaicron. Buenos Aires.
- > VARGHESE, S. (2009), *Biofuels and global water challenges*. Retrieved April 3, 2009, from <http://www.tradeobservatory.org/library.cfm?refID=100547>.