



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ESTADÍSTICA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

LICENCIATURA EN ECONOMÍA
SEMINARIO DE INTEGRACIÓN Y APLICACIÓN
TRABAJO FINAL

SUSTENTABILIDAD DEL DESARROLLO – GÉNERO,
ECOLOGÍA Y DESIGUALDADES

“PÉRDIDA DE NUTRIENTES Y REPOSICIÓN POR
FERTILIZANTES EN ARGENTINA. UNA MIRADA DESDE LA
ECONOMÍA ECOLÓGICA”

GRIMI, ANALÍA JORGELINA
(Legajo: 32665-08)

DOCENTE A CARGO DE LA COMISIÓN
PEINADO, GUILLERMO

2º Cuatrimestre de 2018

Resumen

En Argentina, como en el resto de los países de América del Sur, el gran crecimiento que ha tenido el cultivo de soja ha transformado su economía, su ambiente y su perfil productivo. Esto llevó a que la expansión de la frontera agropecuaria y el cambio del modo de producción provocaran la degradación de los suelos y exportaciones de nutrientes junto a las cosechas. Es por eso que en el presente trabajo, en el marco de la Economía Ecológica, se analizan los principales nutrientes de los suelos agrícolas y sus ciclos; cuáles son los fertilizantes empleados para reponerlos y el origen de los dos grupos más importantes: los fosforados y los nitrogenados. Se describe el proceso productivo de la urea, el fertilizante nitrogenado más utilizado y la historia de la mayor empresa que lo produce en Argentina. A raíz de ello, pensando en términos de flujo de materiales y energía, se cuestiona la conveniencia de la producción local de urea debido a los impactos ambientales asociados a su producción y aplicación. También se plantea un cambio en el modelo productivo agrícola vigente casi en la totalidad del territorio hacia uno más sustentable que cuide al suelo como capital natural.

Índice

1. Introducción.....	4
2. Economía Ecológica.	5
2.1. Introducción a los conceptos de Economía Ambiental y Economía Ecológica..	5
2.2 La agricultura moderna y su impacto sobre el equilibrio ecológico.....	8
3. Metodología y fuentes.....	10
4. Nutrientes del suelo y sus ciclos.....	10
4.1. Fertilizantes químicos y la reposición de nutrientes.....	12
4.1.1. Impactos ambientales asociados al uso de fertilizantes químicos.....	13
4.1.2. La producción y comercialización de fertilizantes fosfatados.....	15
4.1.3. La producción y comercialización de fertilizantes nitrogenados.....	16
5. La urea granulada y el caso Profertil S.A.....	18
5.1. Breve reseña de la firma Profertil S.A.....	19
5.2. Impactos ambientales asociados al proceso de producción de fertilizantes nitrogenados.....	20
6. Conclusiones.....	22
Referencias bibliográficas.....	23

1-Introducción

El crecimiento que ha tenido el cultivo de la soja en los países América del Sur, sobre todo Argentina, Brasil y Paraguay, tanto en importancia económica como en expansión de la frontera de producción, ha transformado fuertemente sus economías, sus ambientes, sus actividades agropecuarias y sus perfiles productivos.

Si bien estos países desde fines del siglo XIX se posicionaron en el mercado mundial con un perfil agroexportador con economías fuertemente primarias, hay dos procesos en la historia agrícola que llevaron a la situación actual (Zuberman, 2014).

El primero es la llamada “revolución verde” en los años 70 del siglo XX. Ésta cambió por completo las formas de producción agropecuaria en todo el mundo, especialmente en Asia y América Latina. Se pasó de una producción donde el agricultor seleccionaba y mejoraba genéticamente sus semillas a una agricultura totalmente mecanizada y de altos rendimientos, la cual era provista por semillas de las grandes compañías y donde para obtener esos rendimientos, se requería aplicar un paquete de fertilizantes, pesticidas y herbicidas (Pengue, 2005; citado por Zuberman, 2014).

Toda esta transferencia de tecnología desde los laboratorios hacia las zonas de alto potencial agrícola se vio favorecida por el contexto económico global de libre movilidad de capitales financieros. Se intensificó la internacionalización de los procesos productivos y hubo una gran expansión de la Inversión Extranjera Directa (IED). Se potenció la difusión de esta nueva forma de agricultura y grandes compañías de capitales transnacionales desde laboratorios, semilleras y grandes comercializadoras exportadoras se adueñaron de la mayor parte del negocio agrícola (Zuberman, 2014).

El segundo proceso se dio en los 90 de la mano de la consolidación de la reestructuración neoliberal de los países de América del Sur y una creciente dependencia de la producción de *commodities*. Este fue el de la Revolución Biotecnológica. Por primera vez se lograba la manipulación genética en organismos vegetales y en el caso de la soja significó la introducción de un gen que la hacía resistente al glifosato. La compañía estadounidense Monsanto fue quien patentó lo que se dio en llamar la soja RR (Roundup Ready). Para ese entonces la empresa lideraba el mercado de herbicidas con el Roundup, cuyo principio activo era el glifosato. De esta manera pasaba a ser la oferente de un combo que la posicionaba con las mejores ventajitas en el mercado (Zuberman, 2014).

A diferencia de la Revolución verde, la Revolución Biotecnológica entró muy rápidamente en Argentina. En 1991 se creó la Comisión Nacional Asesora en Biotecnología Agropecuaria (CONABIA), conformada por el sector público con representantes del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y el Instituto Nacional de Semillas (INASE) y por representantes de empresas interesadas del sector como Monsanto, Syngenta y Novartis. En pocos años la comisión aprobó el uso de la soja RR y en sólo dos años nuestro país se convertiría en el segundo productor mundial de soja transgénica detrás de EEUU (Zuberman, 2014).

Según Pengue (2014), entre 1997 y 2009, la extracción de cultivos en Argentina pasó de 50.000.000 de toneladas a 137.000.000, siendo la soja el cultivo que más creció, pasando de 26.000 toneladas a 30.900.000. También se incrementó la superficie cultivada con soja, pasando de 38.000 hectáreas en 1970 a 18.000.000 en 2009, más de la mitad de la tierra cultivada, ya que principalmente fue desplazando a otros cultivos.

Este crecimiento no fue impulsado por el consumo interno sino por la exportación como *commodities*. Esto llevó a que la expansión de la frontera agropecuaria y el cambio del modo

de producción, que fue hacia el monocultivo, provocaran degradación de los suelos y exportaciones de nutrientes junto a las cosechas.

El suelo es esencial para producir alimentos. En él crecen las raíces de las plantas que absorben agua, oxígeno y nutrientes necesarios para el crecimiento de un cultivo. La erosión de los suelos es una de las causas principales de la disminución de la capacidad productiva de los mismos. La pérdida de nutrientes es otro problema importante, según la definición de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), “es la pérdida total o parcial de su capacidad productiva, tanto para su utilización presente como futura” (Ortega, 2009, pag.6).

En el período 1970-1999, la región pampeana argentina perdió 23 millones de toneladas de nutrientes (nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), de los cuales el 46% correspondieron al cultivo de soja, el 28% al de trigo y 26% al de maíz (Flores y Sarandón, 2003).

En este sentido surgen una serie de preguntas ¿Qué sucede con los suelos? ¿Se reponen los nutrientes de manera adecuada? ¿Se conserva el capital natural? ¿Es sustentable en términos ambientales y económicos este proceso de avance de la frontera agropecuaria y de sojización en Argentina?

Por otro lado y en el marco de la mencionada Revolución Biotecnológica: ¿los fertilizantes químicos, se producen internamente o se importan?, debido al impacto ambiental asociado a su producción, ¿es conveniente producirlos o importarlos?

Para empezar a responder a estos interrogantes en el presente trabajo se investiga el origen de los nutrientes necesarios para el cultivo de los principales cereales y oleaginosas de Argentina, como así también se busca identificar el origen de la urea, su participación en el mercado de fertilizantes, y sus posibles consecuencias ambientales.

Es por eso que en la siguiente sección se describe el marco teórico con los conceptos de Economía Ecológica y la agricultura moderna y su impacto sobre el equilibrio ecológico. En la tercera sección se detallan la metodología y las fuentes del trabajo. En la cuarta se estudia cómo la agricultura industrial fue transformando los ecosistemas naturales en Argentina, cuáles fueron los principales nutrientes que se perdieron en la región pampeana y cuáles son los principales fertilizantes que se utilizan para reponer nutrientes. De ahí surgen interrogantes acerca de los posibles efectos ambientales en la aplicación de los mismos. En la quinta sección se analiza el proceso de fabricación de la urea granulada, los efectos ambientales de su producción y la principal empresa fabricante de la misma en Argentina. Por último, en la sexta sección, se presentan algunas consideraciones a modo de conclusión.

2. Economía ecológica

2.1. Introducción a los conceptos de Economía Ambiental y Economía Ecológica

El diagrama del flujo circular del ingreso, es una forma sencilla para entender cómo es el funcionamiento del sistema económico: 2 sectores, familias y empresas; 2 mercados, mercados de factores la de producción y mercados de bienes y servicios. En un sistema cerrado, en el mercado de productos, las empresas venden a los mismos a cambio de dinero que reciben de las familias y en el mercado de factores, las familias ofrecen el trabajo, la tierra y el capital, a cambio de salario, renta e intereses que pagan las empresas con dinero. Si se introduce en el sistema el Estado, este cobra impuestos a las familias y empresas a cambio de servicios y subsidios. Si abrimos el sistema, una economía exporta a otros países a cambio de divisas e importa de otros países pagando con divisas.

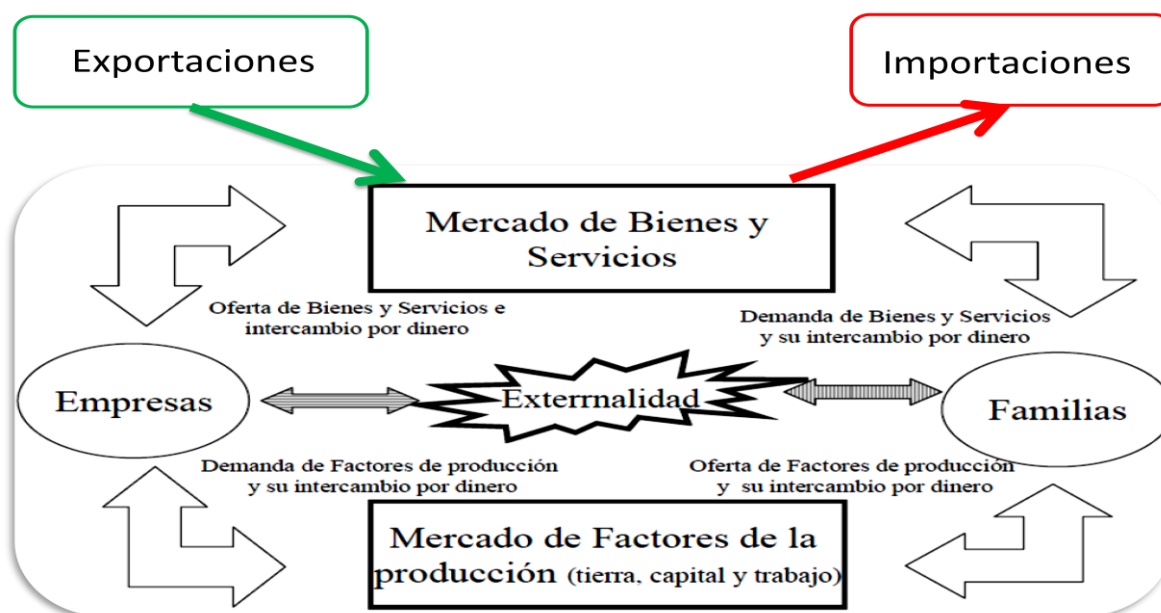
Esta explicación del sistema económico, además de intentar explicar de manera extremadamente sencilla la economía (sin tener en cuenta una multiplicidad de aspectos como

el papel de las multinacionales, el funcionamiento del sistema financiero o las relaciones de poder entre otros) muestra a la economía como un sistema de relaciones entre sus agentes, sin tomar en cuenta el contexto sociocultural ni a la naturaleza, que es proveedora de materiales y energía y receptora de residuos y contaminación.

Frente a esto surgen dos disciplinas que lo abordan de diferente manera: la Economía Ambiental y la Economía Ecológica.

La Economía Ambiental surge en los años 70 como respuesta de los economistas neoclásicos a los problemas ambientales. Como se puede ver en la figura 1, dentro del flujo circular del dinero, toma los problemas ambientales, consecuencias del proceso productivo, como externalidades a incorporar en el esquema, asignándole costos. Aquí vemos a las exportaciones como ingreso de divisas y a las importaciones como egreso de las mismas (Gorostiza, 2005)

Figura 1: Economía Ambiental - Flujo circular del ingreso, “*perpetuum mobile*”



Fuente: Power Point de la Cátedra de Economía Ambiente y Sociedad. Licenciatura en Economía. UNR.

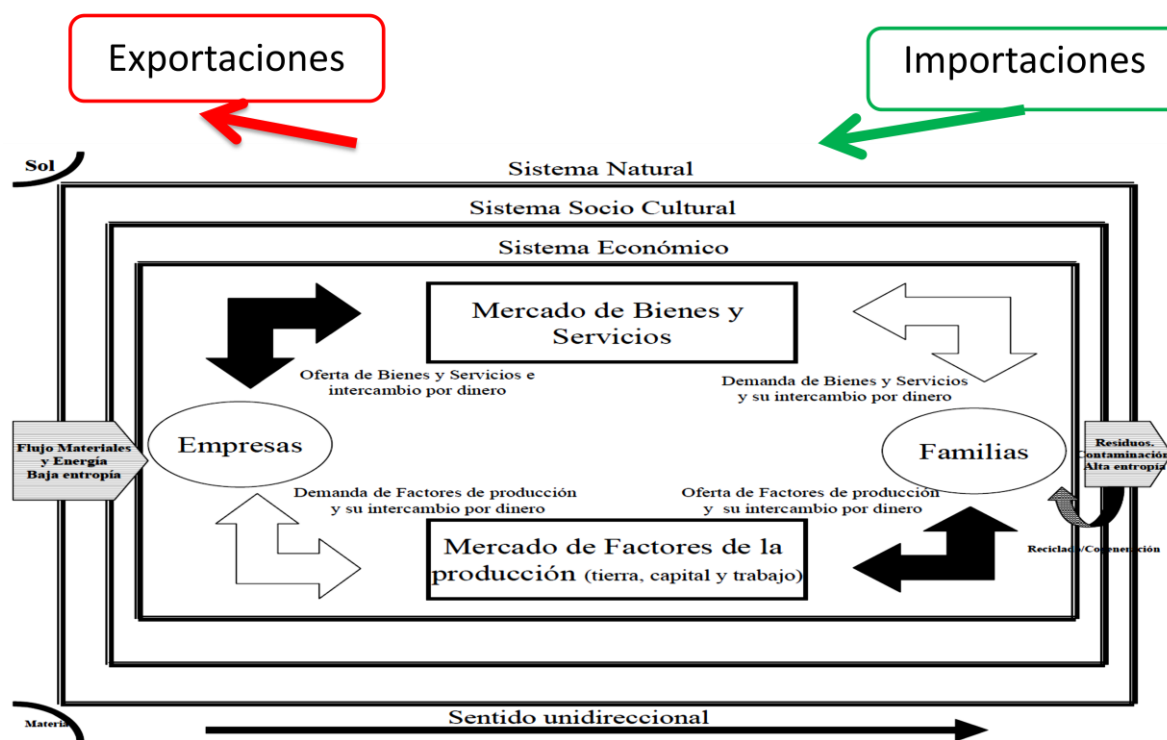
Según Van Hauwermeiren (1998), la economía ambiental no constituye una crítica ecológica de la economía, sino más bien una especialización de la economía tradicional o una extensión de la misma. En ella se analizan dos problemas principales:

- las externalidades: estos son costos que no están incluidos en los precios. Los economistas ambientales tratan de “internalizar” esos costos con impuestos “pigouvianos” o redefinir los derechos de propiedad. Pigou y Coase sentaron la base conceptual de esta discusión.
- La asignación intergeneracional óptima de los recursos agotables: trata de asignar precios óptimos. El problema es que los bienes ambientales muchas veces tienen valor de uso y no de mercado (Van Hauwermeiren, 1998).

Frente a la Economía Ambiental, la Economía Ecológica no es una rama ni una parte más o menos independiente de la teoría económica, sino que es un campo de estudios transdisciplinar¹. Estudia las interacciones entre la sociedad y la naturaleza muy por encima de los abordajes de la economía y la ecología. Adopta la teoría de sistemas para la comprensión de los fenómenos ecológicos y los límites físicos y biológicos causados por el crecimiento económico (Pengue, 2009).

La Economía Ecológica tiene en cuenta al sistema económico dentro del sistema socio cultural y este dentro del sistema natural, donde la naturaleza provee materiales y energía de baja entropía y recibe los residuos, contaminación y energía de alta entropía. En este esquema de la figura 2 hay un flujo unidireccional del sistema natural en el cual las exportaciones son salida de materiales y energía y las importaciones ingreso de los mismos (Pengue, 2009).

Figura 2: Economía Ecológica - Flujo unidireccional de materiales y energía



Fuente: Power Point de la Cátedra de Economía Ambiente y Sociedad. Licenciatura en Economía. UNR.

La Economía Ecológica tiene en cuenta los flujos de materiales y energía y las discrepancias entre tiempo económico y tiempo biogeoquímico. Su objeto es la sustentabilidad ecológica en

¹ Es muy importante diferenciar conceptos como multidisciplinario, interdisciplinario y transdisciplinario ya que no son sinónimos. El primero se refiere a la participación de varias disciplinas en un mismo tema pero sin coordinación entre ellas. El segundo a la coordinación de varias disciplinas bajo un mismo marco conceptual. Si a esta última se le agrega la educación y la sociedad para actuar coordinadamente con un objetivo en común, se trata de transdisciplina (Jantsch, 1970; Tress, *et al*, 2004; citados por Matteucci, 2009).

la economía. Abarca a la economía neoclásica ambiental y la trasciende al incluir los impactos ambientales de la actividad económica humana (Martínez Alier y Roca Jusmet, 2000).

Las 3 nociones biofísicas fundamentales sobre las que se articula la Economía Ecológica son (Aguilera y Alcántara, 1994):

- 1- La primera Ley de la Termodinámica: esta indica que materia y la energía no se crean ni se destruyen, sino que se transforman.
- 2- La segunda Ley de la Termodinámica o Ley de la entropía: la materia y la energía se degradan continuamente de una forma disponible a una forma no disponible o de una forma ordenada a una desordenada. Según esta ley su valor económico está dado por su disponibilidad para ser utilizadas. Los residuos son inherentes al proceso de producción y consumo.
- 3- La tercera noción se refiere a 2 cuestiones: la imposibilidad de generar más residuos de los que los ecosistemas puedan tolerar y la imposibilidad de extraer más de los sistemas biológicos de lo que pueda considerarse sostenible (Aguilera y Alcántara, 1994).

Van Hauwermeiren (1998), sostiene que la entropía aumenta constantemente con los procesos físicos, naturales y tecnológicos por lo que el planeta se está volviendo continuamente más desordenado. Se va dando un proceso irreversible, por las leyes de la termodinámica, la energía contenida no se destruye con su uso (primera ley), sino que se degrada y se dispersa (segunda ley).

Este mismo autor expone varias definiciones y características de la Economía Ecológica:

- Entiende que la actividad económica no utiliza recursos naturales de manera aislada, sino que está centrada en la utilización de los recursos naturales.
- Está limitada por los ecosistemas y gran parte del patrimonio natural no es sustituible por capital hecho por humanos por lo que propone medir la sustentabilidad ecológica por indicadores biofísicos en lugar de los monetarios.
- Pone énfasis en los conflictos ecológicos inter e intrageneracionales. La sustentabilidad ecológica es central no como en la economía tradicional cuya principal preocupación es el crecimiento económico. Es por eso que investiga aspectos que quedan ocultos en el sistema de precios.
- Llama la atención sobre los diferentes ritmos de tiempo entre la dimensión económica y la biogeoquímica e incita a disminuir el transflujo² de energía y de materiales en la economía.
- Pone énfasis en los riesgos tecnológicos más que las ventajas de las innovaciones que deberían ser reflexionadas.
- Reconoce que la racionalidad económica y la racionalidad ecológica no son suficientes para resolver los problemas económicos y ecológicos y propone una economía politizada donde los límites ecológicos de la economía estén basados en debates democráticos acerca de la ciencia (Van Hauwermeiren, 1998).

2.2. La agricultura moderna y su impacto sobre el equilibrio ecológico.

Kapp (1994) ha elegido la agricultura moderna para ilustrar el carácter global y de sistema abierto de los sistemas económicos y como los procesos productivos y técnicas específicas,

²Transflujo; se puede entender como un flujo de baja entropía proveniente del mundo natural (originalmente el sol) que es “canalizado” por la especie humana en su actividad diaria. Este flujo, que adopta la forma de recursos e insumos, es transformado por la economía humana para la producción y el consumo. Es entonces “devuelto” a la biósfera en forma de desperdicios, emisiones, subproductos, basura, etc., para su biodegradación y reutilización (Daly, 1993).

(es decir la economía guiada por costos y beneficios monetarios) pueden tener consecuencias globales sobre el equilibrio ecológico, la sociedad y la reproducción social.

Los campos han aumentado de tamaño como así las chacras, todas las operaciones se han mecanizado de tal forma que se parecen a una línea de montaje de una fábrica. La población rural ha disminuido notablemente y se han trasladado a las ciudades provocando mayor congestión y sobrepoblación urbana (Kapp, 1994)

En todo el mundo, independientemente del grado de desarrollo del país, la agricultura emplea cada vez más nuevas técnicas e inversiones de capital con consecuencias ecológicas y socioeconómicas de gran alcance. Se ha convertido en una actividad industrial intensiva en capital, cada vez más mecanizada. El carácter de la producción agrícola se ha transformado con las variedades de alto rendimiento, que tienen características eficaces, de alimentación “agresiva” lo que produce un agotamiento del suelo más acelerado. Esto implica la necesidad de aplicar dosis cada vez mayor de fertilizantes químicos, agua y plaguicidas y también maquinaria agrícola adicional, como equipos de fumigación y/o pulverización, cosechadoras, tractores, aeroplanos, etc. (Kapp, 1994).

La aplicación de fertilizantes químicos y plaguicidas está sujeta a rendimientos decrecientes. Se necesitan dosis cada vez mayores para asegurar mayores rendimientos por unidad de inversión. Los cálculos de costos beneficios comerciales con los que se aplican los plaguicidas y fertilizantes no toman en cuenta los costos sociales y ecológicos sobre la flora, fauna y los humanos como así tampoco los grandes requerimientos de energía utilizados en la producción de insumos químicos (Kapp, 1994).

Con la economía actual se aceleran los ciclos biogeoquímicos de reciclaje de elementos químicos que nos proporciona la naturaleza, como los ciclos del carbono o del fósforo y es así como se coloca en la naturaleza más dióxido de carbono del que la fotosíntesis aprovecha o los océanos absorben, provocando un aumento del efecto invernadero o se contamina los mares con fertilizantes y detergentes por arrojar en ellos más de lo que se puede reciclar naturalmente.

Más tarde o más temprano, toda la materia utilizada por la economía se deposita en la naturaleza en forma de residuo, excepto lo reciclado.

Tanto el petróleo como el gas o el carbón no se producen, sino que se extraen y se destruyen. Esta energía, según la primera ley de termodinámica, no se pierde sino que se transforma en calor disipado. Éste, según la segunda ley de termodinámica es incapaz de proporcionar energía en movimiento. ¿Ahora, puede un economista ignorar estas leyes? ¿Se puede ver la economía agrícola como un circuito cerrado entre productores y consumidores? ¿O hay que verlo como un sistema abierto con entrada de materiales y energía y salida de residuos solo en parte reciclables? (Martínez Alier y Roca Jusmet, 2000).

3-Metodología y fuentes

Primeramente se recurre al concepto metodológico de huella de nutrientes. Esta mide la demanda de nutrientes para la producción y la relación de los mismos con la sustentabilidad de la producción. De ahí se derivan otros factores vinculados como la demanda de fertilizantes para intentar balancear la extracción de nutrientes por la agricultura. Más de la mitad de los fertilizantes que contienen nitrógeno sintético fueron utilizados en los últimos 25 años.

La huella de nutrientes de una economía nos permite comprender el enorme impacto de la creciente extracción de los mismos derivados de las actividades antrópicas (agricultura, industria y consumo masivo). Viene creciendo de manera alarmante, sobre todo en los

principales de la agricultura moderna, que son el nitrógeno, el fósforo y el potasio (NPK) (Pengue, 2014).

Para el presente trabajo en primer lugar se utilizaron datos brindados por la Dra. Gloria Rótolo y la Ingeniera Agrónoma Martina B. Briacchi de la estación experimental INTA Oliveros. Ellas y su equipo están trabajando y analizando 2 lotes, uno es una rotación con la secuencia Maíz-Trigo/Soja y otro igual pero incluyendo cultivo de cobertura (CC). Los datos fueron recolectados desde el año 2009 hasta el año 2015. Los cultivos de cobertura son cultivos cuyo fin no es la producción de grano, sino que pueden tener diferentes fines como control de malezas y plagas, aportes de materia orgánica y nutrientes al suelo, control de la erosión hídrica, etc.

A partir de la información aportada, acerca de los fertilizantes utilizados en cada lote (en cantidad y tipo) se investigó cuáles eran los que se usaban en los principales cultivos de cereales y oleaginosas en Argentina. Para ello se recurrió a datos del Ministerio de Agroindustria de la Nación para el período 2016-2017 acerca del Mercado de fertilizantes en la Argentina (la producción interna, la importación, exportación y consumo de cada grupo) y de la Cámara de la Industria Argentina de Fertilizantes y Agroquímicos (CIAFA) para el consumo nacional de todos los grupos de fertilizantes para el año 2018.

En base a los datos recabados allí se determina que la urea (el principal fertilizante nitrogenado a nivel mundial por su elevado porcentaje de nitrógeno 46%) es fabricado en un importante porcentaje en Argentina, sobre todo a partir del año 2001 con la apertura de la fábrica Profertil. En función de ello se analiza la evolución de su producción nacional con datos del INDEC entre los años 1990 y 2017, y el ranking de productores mundiales de la misma en el año 2016 con cifras del Atlas Mundial de datos Knoema que es una fuente integral de datos de diferentes publicaciones, incluidas OIT, UNICEF, OMS, etc.

4. Nutrientes del suelo y sus ciclos

El suelo es esencial para la producción de alimentos. La parte sólida está formada por partículas minerales de distinto tamaño y por materia orgánica, generada a partir de restos de vegetales y animales en descomposición. La materia orgánica tiene gran incidencia sobre la calidad de los suelos ya que se compone de carbono en un 56-58% y en menor proporción por nitrógeno, fósforo y azufre, entre otros. Esta influye sobre numerosas propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo que afectan su capacidad para albergar cultivos, al ser la proveedora de nutrientes para las plantas.

En los últimos 30 años del siglo XX la región pampeana argentina perdió 23 millones de toneladas de nutrientes principalmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), de los cuales el 46% correspondieron al cultivo de soja, el 28% al de trigo y 26% al de maíz (Flores y Sarandón, 2003).

Estos nutrientes son requeridos en grandes cantidades (macronutrientes), a diferencia de otros como por ejemplo el hierro (Fe), Manganeseo (Mn), zinc (Zn), boro (B), cobre (Cu) y Cloro (Cl), que se requieren en pequeñas cantidades (micronutrientes).

Cuadro 1: Nutrientes del suelo

MACRONUTRIENTES		MICRONUTRIENTES	
Primarios	Secundarios		
Nitrógeno (N)	Azufre (S)	Zinc (Zn)	Cobre (Cu)
Fósforo (P)	Magnesio (Mg)	Hierro (Fe)	Cloro (Cl)
Potasio (K)	Calcio (Ca)	Manganeseo (Mn)	Boro (B)

Fuente: <https://lavidaenelsuelo.wordpress.com/nutrientes-del-suelo/>

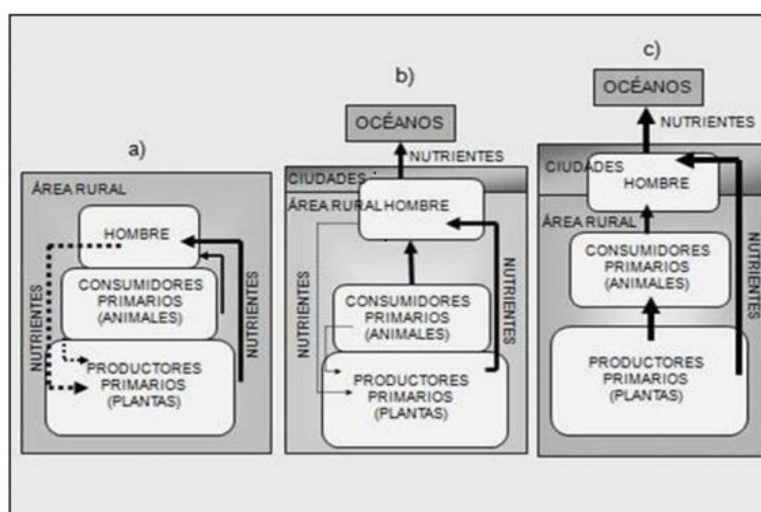
En los ecosistemas, los nutrientes se mueven del ambiente a los organismos vivos, y de estos de nuevo al ambiente, formando los llamados ciclos biogeoquímicos. Los ciclos pueden ser clasificados en: gaseosos y sedimentarios. En los primeros, los nutrientes circulan principalmente entre la atmósfera y los organismos vivos como es el caso del N. En los segundos circulan entre la corteza terrestre (suelo y rocas), la hidrósfera y los organismos vivos, por ejemplo el P.

El N es un elemento clave para la vida, es parte de todos los organismos vivos y se encuentra en el suelo, el agua y el aire. La principal reserva del N es la atmósfera. Aunque las plantas estas rodeadas de este elemento, no pueden aprovecharlo en estado gaseoso, sino en su forma mineral. La transformación del gas se realiza por vía biológica o por vía inorgánica. En el primer caso intervienen bacterias y en la fijación inorgánica intervienen los rayos del sol. Las plantas toman el N del suelo y lo utilizan para formar sus proteínas. Los animales lo obtienen al consumir plantas u otros animales. Cuando mueren tanto animales como vegetales, liberan N al suelo (Sarandón y Flores, 2014).

La agricultura transforma los ecosistemas naturales provocando la apertura del ciclo de los nutrientes por tener un producto de su cosecha que ni siquiera es consumido dentro del mismo agroecosistema sino, destinado al mercado. No pueden autoabastecerse de nutrientes como en un sistema natural, sino que necesita incorporarlos para compensar el flujo de salida.

Con la aparición de la agricultura se produjeron diferentes impactos en la dinámica de los nutrientes. Esto estuvo asociado a la aparición de las ciudades y el éxodo de los seres humanos a esos lugares. Esto se puede apreciar en la Figura 3, donde en la etapa de la pre-agricultura e inicio de la agricultura era un ciclo cerrado y los nutrientes iban desde los productores primarios (plantas) hacia los consumidores primarios (animales) y consumidores secundarios (humanos) y volvían de manera natural como desechos hacia los productores primarios, para continuar con el ciclo. Con la aparición de las ciudades, parte de los nutrientes va hacia los océanos (ciclo semi-cerrado). Con la agricultura industrializada el ciclo se abre y el flujo de nutrientes hacia los océanos se incrementa aún más.

Figura 3: El ciclo de los nutrientes en los diferentes momentos desde el inicio de la agricultura. A) Pre-agricultura e inicio de la agricultura (ciclo cerrado), b) Comienzo del auge de las ciudades (ciclo semi-cerrado), c) Agricultura industrializada (ciclo abierto)



Fuente: Sarandón y Flores (2014, p.216)

Es necesario entonces reponer los nutrientes. Lo que en los sistemas agrícolas modernos se basa en el uso de fuentes minerales (rocas) o fertilizantes sintéticos. De continuar este modelo

en el largo plazo, las fuentes de nutrientes serán cada vez más escasas y a los ecosistemas les resultará cada vez más difícil la reposición de los mismos llevando a su agotamiento, ya que la mayoría se encontrará disperso en los océanos. Si bien el contenido total de los nutrientes en el planeta prácticamente no varía sí lo hace la concentración de los mismos en los distintos ecosistemas.

De esta manera, la pregunta por la reposición de los nutrientes no solo es importante en términos de la sostenibilidad de la vida y de los ciclos naturales, sino también para el futuro cercano de la producción de alimentos agrícolas en Argentina.

4.1. Fertilizantes químicos y la reposición de nutrientes

Al no reponerse de manera natural por la degradación de animales y plantas en los cultivos, los nutrientes se reponen mediante la aplicación de fertilizantes químicos. Los fertilizantes de mayor consumo en Argentina se pueden clasificar en dos grandes grupos principales según el tipo de nutriente: los nitrogenados (urea y UAN), cuyo principal insumo es el gas natural, y los fosfatados (diamónico, monoamónico y súper fosfato triple), que se producen en base a roca fosfórica.

Cuadro 2: Principales fertilizantes agrícolas

NITROGENADOS	FOSFATADOS	POTÁSICOS	AZUFRADOS
Urea Granulada	MAP (Fosfato monoamónico)	Cloruro de Potasio	Sulfato de Amonio
UAN (Urea y Nitrato de Amonio)	DAP (Fosfato diamónico)	Nitrato de potasio	TSA (Tiosulfato de amonio)
Urea perlada	SPS (Super fosfato simple)	Sulfato de potasio	Yeso
Nitrato de Amonio	SPT (Super fosfato triple)	TSK (tiosulfato de potasio)	Otros azufrados
Otros nitrogenados	Otros sulfatados	Otros potásicos	

Fuente: Elaboración propia con datos de Fertilizar AC.³

De los dos grupos principales, los fosfatados, mayormente se importan por falta del insumo principal para su elaboración (la roca fosfórica) y de los nitrogenados, la urea granulada, se fabrica en un porcentaje importante en el país.

La demanda de fertilizantes se concentra en los principales cereales y oleaginosos cultivados en el país, con una distribución que muestra que un 70% (base consumo 2011/2015) se distribuye entre los tres con mayor superficie sembrada: soja, maíz y trigo. Los porcentuales de participación son muy similares entre estos tres cultivos, con valores del orden del 20% en cada uno. Pero el uso de fertilizante por hectárea implantada es mayor en trigo y maíz. La alta participación del cultivo de soja responde a la dimensión del área sembrada, la que con registros anuales cercanos a las 20 millones de hectáreas, duplica la superficie agregada de maíz y trigo (Ministerio de agroindustria. Presidencia de la Nación, 2016). Los fertilizantes nitrogenados son más utilizados que los fosforados en todos los cultivos con excepción de la soja, más demandante de fosfatados por su capacidad de sintetizar su propio nitrógeno a partir de su simbiosis con las *rhizobacterias*. El trigo y el maíz consumen más del doble de nitrogenados que de fosfatados. La soja consume más por la superficie sembrada, pero al medirla en kilogramos por hectárea, es igual o menor al que utilizan otros cultivos. La urea es

³ <https://www.fertilizar.org.ar>

el principal producto de los fertilizantes nitrogenados ya que es el que tiene mayor concentración de N. Se aplica a la mayoría de los cultivos. (Gráficos 1 y 2)

4.1.1. Impactos ambientales asociados al uso de fertilizantes químicos.

De acuerdo a un artículo de la agencia EFE, del 18 de noviembre de 2019 “Las emisiones de óxido nitroso (N₂O), el tercer gas de efecto invernadero más importante después del dióxido de carbono y el metano, han crecido sustancialmente desde 2009 y a un ritmo “significativamente mayor” al previsto, según una investigación publicada hoy en Nature Climate Change.” (agencia EFE, 2019)

El estudio, fue liderado por la investigadora del Norwegian Institute for Air Research, Rona Thompson, y realizado por científicos de diferentes partes del mundo, como la Comisión Europea, el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y el Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riesgos Agrarios Medioambientales de la Universidad Politécnica de Madrid (CEIGRAM-UPM) (agencia EFE, 2019)

Estos científicos constataron el incremento de las emisiones de N₂O a la atmósfera en el periodo 1998-2016 y especialmente a partir de 2009. Según el estudio, esto está directamente relacionado con el uso de fertilizantes agrícolas, con el aumento de la superficie dedicada a los cultivos fijadores como la soja y con la quema de combustibles fósiles. Thompson expresa que la disponibilidad de nitrógeno ha posibilitado la producción de más comida pero asociado a mayores problemas ambientales. El estudio puntualiza que tanto Asia oriental como América del Sur, donde se han extendido las áreas cultivadas y se han intensificado los cultivos, son los que más han contribuido al aumento de las emisiones. En estos lugares el uso de fertilizantes podría utilizarse de una manera "mucho más eficiente" sin mermar las cosechas (agencia EFE, 2019)

Entre el año 1990 y 2010 el incremento del uso de fertilizantes en Argentina fue muy superior (entre 400 y 500%) al de la producción de cereales y oleaginosos (entre 120 y 130%), A pesar de esto, el balance de nutrientes (aporte de nutrientes menos exportado en granos) es cada vez más negativo. Se está reponiendo 50% del P, 25% del N y menos del 19% del S que se exporta (Andriulo *et al*, 2010),

Para el manejo de nutrientes debe considerarse el ciclo biogeoquímico de los elementos, no solo el uso de los fertilizantes. Hay programas de fertilización que no tienen en cuenta al suelo como proveedor de nutrientes, lo cual incrementa los costos y los riesgos de contaminación. La materia orgánica (MO) del suelo juega un rol fundamental en la provisión de nutrientes para los cultivos y esto es muy importante para implementar programas de nutrientes sustentables (Andriulo *et al*, 2010).

El N y el P producen eutrofización⁴, con crecimiento excesivo de algas en aguas superficiales. Excesiva cantidad de nitratos en aguas subterráneas puede causar graves problemas en la salud humana sobre todo en niños pequeños, ya que en la mayoría de los casos es el único recurso de agua potable. El saneamiento de estas aguas es muy costoso y hasta a veces es imposible por lo cual es importante prevenir (Andriulo *et al*, 2010).

⁴Eutrofización: Proceso natural y/o antropogénico que consiste en el enriquecimiento de las aguas con nutrientes, a un ritmo tal que no puede ser compensado por la mineralización total, de manera que la descomposición del exceso de materia orgánica produce una disminución del oxígeno en las aguas profundas. Sus efectos pueden interferir de modo importante con los distintos usos que el hombre puede hacer de los recursos acuáticos (abastecimiento de agua potable, riego, recreación, etc.) (<https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/Eutrofizac.htm>)

El N también produce lixiviación⁵, ya que ión nitrato es muy soluble en agua y no es retenido en el suelo como el amonio. La cantidad de N que se pierde así depende de la cantidad del mineral y de la cantidad de agua que drene (Andriulo *et al*, 2010).

La agricultura aporta el 75% de las emisiones de óxido nitroso (N₂O), afectando la capa de ozono y permitiendo el paso de radiación ultravioleta de onda corta⁶ nociva para la salud.

Los suelos bajo siembra directa desnitrifican dos a tres veces más N que los suelos bajo laboreo convencional y el uso excesivo de fertilizantes pueden exacerbar las emisiones de N₂O (Andriulo *et al*, 2010).

4.1.2. La producción y comercialización de fertilizantes fosfatados

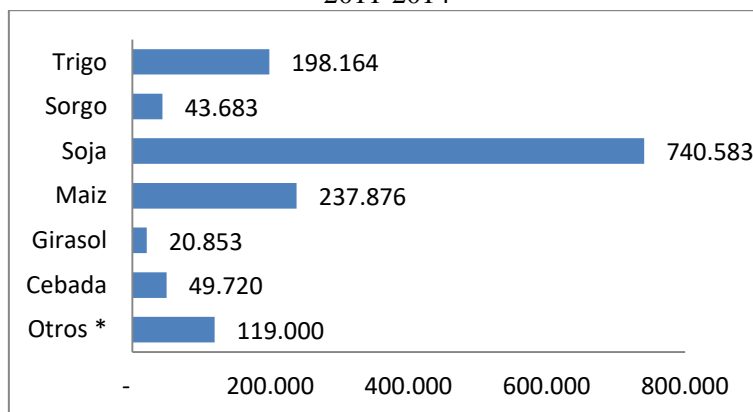
En cuanto al tipo de fertilizantes, los fosfatados son mayoritariamente importados con una producción interna menos representativa ya que su materia prima, la roca fosfórica, tiene en el país un nivel del 40% de pentóxidos. Los fertilizantes fosfatados más utilizados en los cultivos de trigo, soja y maíz son el fosfato monoamónico (PMA) que necesita un nivel del 50/52% y el super fosfato triple (SPT) que necesita 46%.

Según mediciones del Ministerio de Agroindustria de la Nación, existen un gran número de empresas que importan y comercializan fertilizantes fosfatados. Sobre el total importado en los años 2014 y 2015, evaluando la concentración, resultó que la primera empresa importadora representa el 28% del total importado, las tres primeras el 55% y las diez primeras el 89% (Ministerio de Agroindustria. Presidencia de la Nación, 2016).

⁵Lixiviación: Se llama así al fenómeno de desplazamiento de sustancias solubles o dispersables (arcilla, sales, hierro, humus) causado por el movimiento de agua en el suelo, y es, por lo tanto, característico de climas húmedos. Esto provoca que algunas capas del suelo pierdan sus compuestos nutritivos, se vuelvan más ácidas y a veces, también se origine toxicidad. Por lixiviación pueden perderse grandes cantidades de fertilizantes porque descienden a los horizontes inferiores del suelo, adonde no llegan las raíces de los cultivos. En climas muy húmedos la vegetación natural, sobre todo la forestal, sirve de protección contra lixiviación. Cuando el hombre la destruye, este proceso se acelera considerablemente y la retención de nutrientes en la zona radical se interrumpe. Otras formas de contribuir a la lixiviación son mediante el empleo de fertilizantes con elevada acidez, el riego excesivo y cultivos que retienen muchos nutrientes del suelo. Otro efecto de este proceso natural se produce cuando determinadas concentraciones de sustancias y componentes tóxicos que se encuentran en el suelo, al entrar en contacto prolongado con el agua, se difunden al medio y lo agreden (<https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/Lixiviac.htm>)

⁶ Radiación ultravioleta de onda corta: Es una radiación electromagnética de longitud de onda más corta que la radiación visible, pero más larga que los rayos X. Aproximadamente el 5% de la energía del Sol se emite en forma de radiación ultravioleta. Ésta puede resultar nociva para los seres vivos, por lo que el control de estos niveles de radiación solar es muy importante. (http://meteo.navarra.es/definiciones/radiacion_ultravioleta.cfm).

Gráfico 1: Promedio anual en toneladas del consumo de fosfatados por cultivo. Argentina. Período 2011-2014



[*incluye pasturas, cítricos, frutales, etc.]

Fuente: Elaboración propia en base a datos Fertilizar A.C. (<https://www.fertilizar.org.ar>)

Los principales países desde donde se importan fosforados son EE.UU, Rusia y Perú que concentran entre los tres el 57% de las importaciones de estos fertilizantes (Ministerio de Agroindustria. Presidencia de la Nación, 2016).

4.1.3. La producción y comercialización de fertilizantes nitrogenados

En Argentina, el 70% de la producción de nitrogenados los provee Profertil S.A., con capacidad de producción 1,1 millones de toneladas. El resto Bunge con una capacidad de producción de 500.000 toneladas. Para el período 2011/2015, la producción nacional cubrió buena parte de la demanda interna y se importaron en promedio 600.000 toneladas anuales. Se estima un *stock* remanente de entre 160.000 y 180.000 toneladas (Cuadro 3). (Ministerio de Agroindustria. Presidencia de la Nación, 2016)

Cuadro 3: Fertilizantes nitrogenados- Consumo, importación, exportación y producción interna argentina Campañas 2013/2014 y 2014/2015

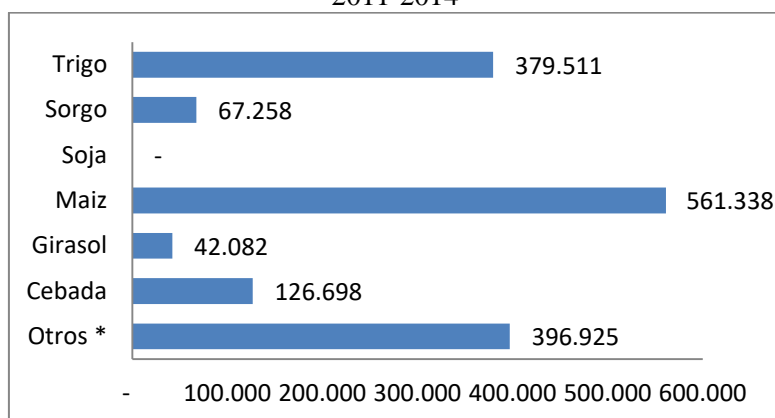
Nitrogenados									
Campaña	Consumo		Importaciones		Exportaciones		Producción interna		Remanente
	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%	Toneladas	%	%
2013/2014	1.522.011	152,7	757.931	76,03	52.697	5,28	996.777	100	18,05
2014/2015	1.545.193	108,78	464.601	32,71	159.867	11,25	1.420.459	100	12,68

Fuente: Elaboración propia con datos del Ministerio de Agroindustria. Presidencia de la Nación (2006)

Según mediciones del Ministerio de Agroindustria de la Nación, para evaluar la concentración del mercado de nitrogenados se calculó la participación de las principales empresas en el total importado en los años 2014 y 2015, resultando que la primera empresa importadora representa el 33% del total importado, las tres primeras el 70% y las diez primeras el 94%.

Los principales países desde donde se importan fertilizantes nitrogenados son Rusia, EE.UU. y Holanda que concentran entre los tres el 54% de las importaciones de estos fertilizantes (Ministerio de Agroindustria. Presidencia de la Nación, 2016).

Gráfico 2: Promedio anual en toneladas del consumo de nitrogenados por cultivo. Argentina Período 2011-2014



[*incluye pasturas, cítricos, frutales, etc.]

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Fertilizar A.C. <https://www.fertilizar.org.ar>

En cuanto a la comercialización los principales comercializadores de nitrogenados en el país son:

- Bunge (produce principalmente en EEUU),
- Cargill (productos Mosaic, importados, una de las empresas del rubro más grandes del mundo),
- Cofco (empresa china que absorbió a Nidera),
- Dreyfuss (francesa)
- Emerger (adquirida por Eurochem, empresa rusa, con casa central en Suiza y que produce en Rusia.⁷)

5. Urea granulada⁸ y el caso Profertil S.A.

La urea granulada es el principal fertilizante nitrogenado que se produce a nivel mundial. En Argentina una parte se importa pero mayoritariamente se produce en el país representando la empresa Profertil el 70% de la producción local (Ministerio de Agroindustria. Presidencia de la Nación, 2016).

⁷ Información proporcionada por Ing. Agr. Gerardo Santana, corredor de cereales de la ciudad de Rosario, Argentina.

⁸Para la producción de urea granulada se utilizan como materias primas: gas, agua y aire. A nivel industrial, la síntesis de urea se realiza a partir de amoníaco (NH₃) líquido y anhídrido carbónico (CO₂) gaseoso. La urea se solidifica en granuladores y se almacena en silos. El CO₂ se obtiene a partir de gas natural, mediante la reacción conocida como reformado (es un método para la obtención de hidrógeno a partir de hidrocarburos, y en particular gas natural, este proceso requiere de una gran cantidad de energía para realizar el reformado y en el caso de algunos combustibles, se necesita una remoción de contenidos de azufre y otras impurezas).

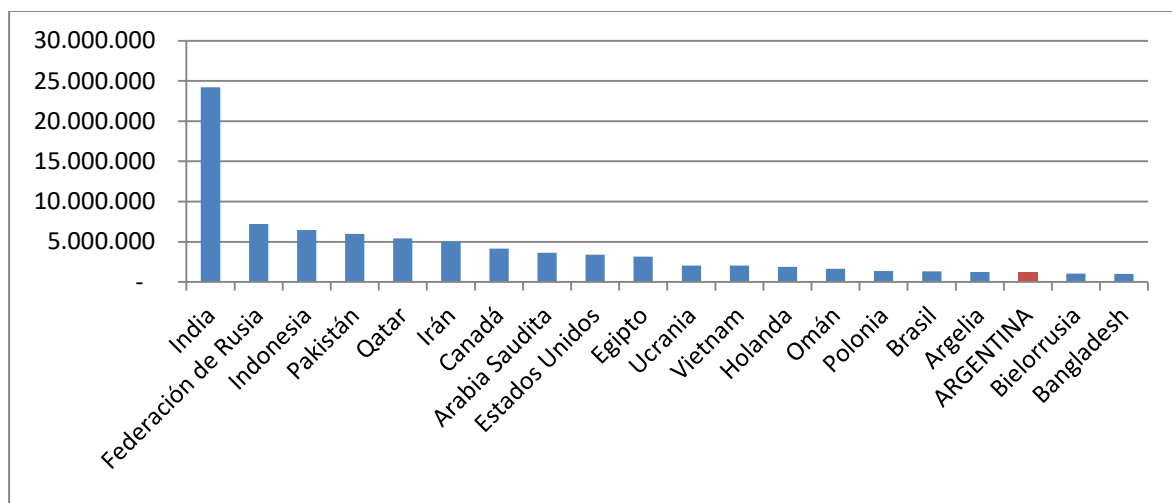
El proceso completo de producción de la urea puede separarse en las siguientes etapas:

1. Obtención de CO₂
2. Obtención de amoníaco
3. Formación de carbamato
4. Degradación del carbamato y reciclado.
5. Síntesis de urea
6. Deshidratación, concentración y granulación.

<https://ppqujap.files.wordpress.com/2016/05/proceso-de-urea-305i1.pdf>

Los principales países productores de urea son India, Federación Rusa, Indonesia, Pakistán y Qatar, estando Argentina bien posicionada a nivel mundial. Todos los países del ranking, como podemos observar en el Gráfico 3, son productores de petróleo y gas, ya que este último es el insumo principal para elaborarla.

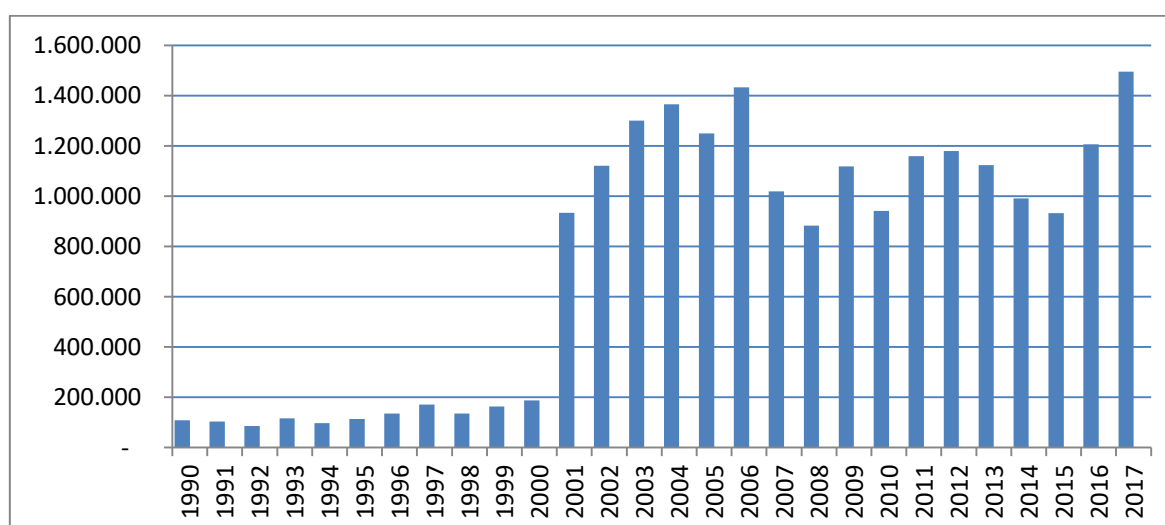
Gráfico 3: Productores mundiales de urea. Año 2016. En toneladas.



Fuente: Elaboración propia en base a datos de KNOEMA. Atlas Mundial de Datos⁹.

Se puede observar en el Gráfico 4 la evolución de la producción de urea en Argentina entre los años 1990-2017. Si bien se elaboraba desde esa década, es a partir del año 2001, con la puesta en marcha de la planta de Profertil S.A., que se observa un gran incremento en la producción y que hasta el año 2006 sigue creciendo ininterrumpidamente. A partir de allí la producción, con variantes sigue siendo muy importante. Los últimos años, entre 2013 y 2017 se ve un descenso de aproximadamente un 17% hasta el año 2015 y un incremento a partir de allí del 60%, llegando en el año 2017 a casi 1.500.000 de toneladas.

Gráfico 4: Producción nacional de urea. Argentina. 1990-2017. En toneladas



Fuente: Elaboración propia con datos del INDEC- Instituto Petroquímico Argentino

⁹ <https://knoema.es/>

5.1. Breve reseña de la firma Profertil S.A.

La construcción de la planta de Profertil en Ingeniero White, provincia de Buenos Aires, se empezó a planear en la segunda mitad de la década del 90 para dotar a la Argentina de una fábrica propia de urea, un insumo clave en la producción de maíz y trigo. Este fertilizante hasta entonces se importaba en su totalidad. El proceso de fabricación de urea granulada comenzó en el 2001. El proceso utiliza gas natural que, al mezclarse con el nitrógeno del aire, se produce el fertilizante nitrogenado y amoníaco.

Profertil, es propiedad 50% de YPF S.A. y 50% de la canadiense Nutrien Inc S.A. La firma Nutrien, canadiense, es el primer productor mundial de potasa y el segundo mayor de fertilizantes nitrogenados del mundo.

YPF en 1989 se convierte en S.A. En el año 1993 el Estado nacional mantiene el 20% de la empresa y la acción de oro, las provincias poseen el 12% y los privados (bancos y fondos de inversión) el 46%. Para 1998 los privados tienen el 75% y en 1999 Repsol adquiere las acciones estatales y el 73% de las privadas.

Si bien en el año 2012, a través de una ley de expropiación, YPF volvió a manos del control estatal, en el año 1998, cuando inicia la construcción de la planta, el 75% de la empresa estaba en manos de bancos privados y en el año 2001 con el comienzo de la producción de urea granulada, YPF estaba en manos de una empresa de origen español. La creación de la firma forma parte del proceso de inversión extranjera directa (IED) e internacionalización de los procesos productivos. Se puede observar que tanto esta empresa como las comercializadoras de los fertilizantes importados son empresas transnacionales.

En el año 2013 se inauguró una fábrica en Puerto General San Martín, Argentina.

La fábrica produjo en el año 2018 1,3 millones de toneladas de urea, que abastecen al 85% de la demanda nacional del fertilizante, y 790.000 toneladas anuales de amoníaco. La compañía, busca expandir su producción, duplicando su capacidad, con el objetivo de convertirse en la mayor planta de producción de urea del mundo¹⁰

5.2. Resumen de los impactos ambientales asociados al proceso de producción de fertilizantes nitrogenados

Según el IFC del Banco Mundial (2007), los principales impactos ambientales asociados a la producción de fertilizantes nitrogenados son:

-Emisiones a la atmósfera

Las instalaciones que producen fertilizantes generan emisiones a la atmósfera que suelen consistir en gases efecto invernadero (GEI): anhídrido carbónico, óxido nitroso y materia particulada de menos de 10 micrones de diámetro derivada de las actividades de perlado.

Las emisiones del proceso de producción de amoníaco consisten en: gas natural, hidrógeno (H₂), anhídrido carbónico (CO₂), amoníaco (NH₃) y monóxido de carbono (CO).

También puede haber sulfuro de hidrógeno (H₂S) dependiendo del combustible utilizado. Además puede haber emisiones en tanques y tuberías y se incrementan en casos de accidentes.

En el caso de la producción de urea se generan emisiones de polvo de urea, debido al proceso de granulado o perlado que utiliza gran cantidad de aire de refrigeración que luego es descargado en la atmósfera.

¹⁰ <https://www.profertil.com.ar>

En las plantas de ácido nítrico (NO) se emiten óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (NO₂) y óxido de nitrógeno (NOX), procedentes del gas de cola de la torre de absorción de ácido y óxido nitroso (N₂O), restos de ácido nítrico (HNO₃) durante el llenado de los tanques de almacenamiento de ácido y amoníaco (NH₃).

-Aguas residuales

En las plantas de amoníaco durante las operaciones rutinarias, las descargas de la planta pueden incluir fugas de condensados de proceso o efluentes de depuración de gases residuales que contienen amoníaco y otros subproductos. Los condensados pueden contener amoníaco, metanol y aminas (p.ej., metilaminas, dimetilaminas y trimetilaminas). La ceniza y el hollín eliminados pueden afectar a los vertidos de agua si no se manipulan adecuadamente.

Las aguas residuales de las plantas de urea contienen cantidades significativas de NH₃, CO₂ y urea. Además se generan por otras fuentes como el vapor del eyector, agua de inundación y agua de obturación.

-Materiales peligrosos

Las plantas productoras de fertilizantes nitrogenados utilizan y producen materiales peligrosos, por lo cual la manipulación, almacenamiento y transporte de estos deben gestionarse adecuadamente para evitar o minimizar los impactos ambientales.¹¹

6. Conclusiones:

El suelo es un recurso esencial para la producción de alimentos y por lo tanto para la vida humana. Antiguamente se lo veía como un recurso renovable por sus características de producir año a año, cosecha tras cosecha nuestros insumos más vitales, de proveer de nutrientes a las plantas. Pero, la forma en que fue modificándose la producción agropecuaria, con el avance de la frontera de la misma, talando bosques, perdiéndose diversidad, se sobreexplotó este recurso. Lo que lleva a cuestionar la sustentabilidad de esta forma de producción agropecuaria.

En el suelo, pero también en el aire se encuentran los macro y micronutrientes. El primero es el recurso utilizado para realizar producción primaria, la cual es en Argentina fundamentalmente para exportación y no para consumo interno. Junto con las exportaciones de soja, maíz, trigo, girasol, en crudo y/o industrializados, exportamos nutrientes también. La industria agroquímica ha desarrollado fertilizantes para reponerlos, aunque debido a la sobreexplotación territorial y las variedades de cultivos de alto rendimiento demandantes de fertilizantes, estos nutrientes se siguen exportando con las cosechas. Además nunca alcanzan a reponerlos en su totalidad y muchos de ellos se pierden por lixiviación o eutrofización, terminando en los océanos. En los últimos 20 años su consumo se quintuplicó en relación a la producción de los cultivos que en el mismo período aumentó un 120 %. Sin embargo su balance es cada vez más negativo. Además la reposición de nutrientes vía aplicación de fertilizantes debe realizarse con extremo cuidado de cuanto, que, como y donde hacerlo para optimizar el aprovechamiento de los mismos, evitando las pérdidas fuera del sistema, suelo-agua-planta (Andriulo *et al*, 2010).

En el transcurso de la investigación, evaluando la importancia económica de los fertilizantes para poder seguir produciendo productos agrícolas, se analizó el origen de los dos grupos principales de los mismos: los fosforados, que se importan por falta de materia prima y los

¹¹<https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/3f247191-36a7-4ddb-bb95-4c2b1765398a/0000199659ESes%2BNitrogenous%2BFertilizers.pdf?MOD=AJPERES&CVID=jqeIa0C>

nitrogenados, de los cuales la urea es el más importante, y mayoritariamente se fabrica en el país, ya que su materia prima principal, el gas es un recurso del cual dispone el país.

A raíz de ello en el marco teórico de la Economía Ecológica, pensando en términos de flujo de materiales y energía y no pensando solo en términos monetarios surgen diversos interrogantes: ¿es conveniente producir los fertilizantes nitrogenados localmente, dado los impactos ambientales de su proceso de fabricación, señalados en la sección 5.2.? ¿no deberíamos además preservar su insumo básico que es el gas y es un recurso no renovable? Los demás fertilizantes (los fosforados y parte de los nitrogenados) son importados. De esta manera los impactos ambientales producidos en su elaboración quedan (en parte) en su país de origen.

La otra pregunta planteada es (también dentro del marco de la Economía Ecológica): si exportamos millones de toneladas de nutrientes junto a los *commodities* y sus productos industriales, ya que a pesar de la reposición de nutrientes estos se van con las cosechas y si el tipo de agricultura que se lleva a cabo mayoritariamente en Argentina implica procesos de contaminación y pérdida de capital natural (calidad de suelo y nutrientes) como los planteados en la sección 4.1.1. ¿no es conveniente pensar en un cambio de modelo agrícola? Las cantidades aplicadas de nutrientes crecieron mucho más que las cantidades cosechadas de cereales y oleaginosas y sin embargo los nutrientes no se reponen en su totalidad y además van a parar a las napas y a los océanos, contaminándolos. En eso ya no influye el origen de los fertilizantes sino el modelo productivo y su escala.

Lo fundamental sería ir hacia un modelo más sustentable, con otro tipo de prácticas para preservar los nutrientes de manera orgánica como las que menciona el INTA (2010): la rotación de cultivos que ayuda al mejoramiento del suelo por los diferentes balances de nutrientes de los cultivos, la incorporación de pastoreo, cultivos de cobertura que se utilizan antes o después de la cosecha estival para aprovechar sus residuos y proteger el suelo e interviniendo en el ciclo de los nutrientes, la labranza reducida, mínima o cero (o siembra directa SD), que ayuda a preservar el nitrógeno en el suelo, establecimiento de zonas *buffer* o protectoras, estas son franjas de terreno que no se cultivan en cercanías de aguas superficiales (ríos, arroyos, lagos, etc.) y actúan como trampas de sedimentos, reteniendo el fósforo que se va por esas vías y evitando que importante cantidad de nitritos se escurran a los cursos de agua. O sea ir hacia un modelo de agricultura agroecológico, que cuide el suelo como capital natural. Argentina debería dejar de ser exclusivamente un productor de *commodities* para exportación, con flujo negativo de nutrientes y tendría que producir alimentos para todos sus habitantes cuidando sus recursos naturales.

Referencias bibliográficas

- Agencia EFE (2019) Las emisiones de óxido nitroso crecen más de lo esperado. Recuperado de <https://www.efe.com/efe/espana/efefuturo/las-emisiones-de-oxido-nitroso-crecen-mas-lo-esperado/50000905-4113682>
- Aguilera Klink, F. y Alcántara, V. (comp.) (1994) *De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica*. Fuhem e Icaria.
- Andriulo, A. E., Reynoso, L., Portela, S., Irizar, A., Restovich, S., y Bortolato, M. (2010). Guía de Buenas Prácticas para el Manejo de Nutrientes N y P en la Pampa Ondulada. *Grupo Medio Ambiente-EEA INTA Pergamino*.
- Bellorin, D.; Mora, D. y Serrano, M. (2016) Proceso de fabricación de la urea granulada. Principios y Procesos Químicos, Sección 305I1 (17 de Junio de 2016). Recuperado de <https://ppqujap.files.wordpress.com/2016/05/proceso-de-urea-305i1.pdf>
- Flores, C. C., y Sarandón, S. J. (2003). ¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? El análisis económico convencional y el costo oculto de la pérdida de fertilidad del suelo durante el proceso de Agriculturización en la Región Pampeana Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía La Plata*, 105(1)
- Gorostiza, J. L. R. (2005). Medio natural y pensamiento económico: historia de un reencuentro. *Principios: estudios de economía política (Ejemplar dedicado a: El estado de la Economía (II))*, (2)
- IFC corporación financiera internacional. Grupo Banco Mundial. (2007) Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la producción de fertilizantes nitrogenados. Recuperado de <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/3f247191-36a7-4ddb-bb95-4c2b1765398a/0000199659ESes%2BNitrogenous%2BFertilizers.pdf?MOD=AJPERES&CVI D=jqeIa0C>
- Kapp, K. W. (1994). El carácter de sistema abierto de la economía y sus implicaciones. En *Aguilera Klink, F. y Alcántara, (comp.) (1994). De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica*. Fuhem e Icaria.
- Martínez Alier, J. y Roca Jusmet, J. (2000). *Economía ecológica y política ambiental*. Fondo de cultura económica (pp. 11-15) PNUMA. México.
- Matteucci, S.D. (2009). Percepción de la Ecología de Paisajes por investigadores y profesionales argentinos asociados a ASADEP. *Fronteras* 8: 17-29.
- Ministerio de Agroindustria. Presidencia de la Nación. (2016). Perspectivas del mercado de fertilizantes para la cosecha 2016/17 en Argentina. Recuperado de https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/publicaciones/archivos/000101_perfiles/999997_proyecci%c3%b3n%20consumo%20de%20fertilizantes%20-%20cosecha%202016-17.pdf
- Pengue, W. A. (2009). *Fundamentos de economía ecológica: bases teóricas e instrumentos para la resolución de los conflictos sociedad naturaleza*. Buenos Aires. Kraikon.
- Pengue, W. A. (2009). La economía ecológica y el desarrollo en América Latina. En *Altieri, M.A., (comp.) (2009). Vertientes del pensamiento agroecológico: Fundamentos y aplicaciones*, SOCLA, 125-155.
- Pengue, W., Mateucci, D., Baxendale, S., y Rodriguez, A. (2014). Suelos, huella de nutrientes y estabilidad ecosistémica. *Revista Fronteras*, 13, 1-19.

Sarandón, S. J., y Flores, C. C. (2014). *Agroecología*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).

Van Hauwermeiren, S. (1998) *Manual de Economía Ecológica*. Programa de Economía Ecológica. Instituto de Economía Ecológica. Santiago, Chile.

Zuberman, F. (2014). Agricultura industrial y agronegocio. En *La patria sojera: el modelo agrosojero en el Cono Sur*. Daniela Melón (coord.) (2014). Buenos Aires: El Colectivo.