Biblioteca Digital
F C E N - U B A

BIBLIOTECA CENTRAL LUIS F LELOIR
BIBLIOTECA CENTRAL LELOIR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES UBA

Tesis Doctoral

Utilización de indicadores biofísicos para el estudio de la sustentabilidad socioambiental en la planicie Chaco Pampeana

Totino, Mariana

2015-04-30

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:
Totino, Mariana. (2015-04-30). Utilización de indicadores biofísicos para el estudio de la sustentabilidad socioambiental en la planicie Chaco Pampeana. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

Cita tipo Chicago:
Totino, Mariana. "Utilización de indicadores biofísicos para el estudio de la sustentabilidad socioambiental en la planicie Chaco Pampeana". Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2015-04-30.

EXACTAS UBA
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

UBA
Universidad de Buenos Aires

Dirección: Biblioteca Central Dr. Luis F. Leloir, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Intendente Güiraldes 2160 - C1428EGA - Tel. (++54 +11) 4789-9293

Contacto: digital@bl.fcen.uba.ar

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Utilización de indicadores biofísicos para el estudio de la sustentabilidad socioambiental en la planicie Chaco Pampeana

Tesis presentada para optar al título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires en el área de Ciencias Biológicas

Mariana Totino

Director de tesis: Silvia Diana Matteucci

Director Asistente: Walter Alberto Pengue

Consejero de Estudios: Rubén Darío Quintana

Lugar de trabajo: Grupo de Ecología de Paisajes y Medio Ambiente (GEPAMA), Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, UBA.

Buenos Aires, 2015

Fecha de defensa: 30 de Abril de 2015

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Tabla de contenido

Resumen 4

Abstract 6

Agradecimientos 8

Índice de Figuras 9

Índice de Tablas 10

CAPÍTULO 1: Marco Teórico 11

1.1 Teorías económicas: un poco de historia 11

1.1.1 La Economía Ecológica y las Leyes de la Termodinámica 17

1.2 La ciencia y el estudio de los sistemas complejos 20

1.3 Sustentabilidad 27

CAPÍTULO 2: Materiales y Métodos 31

2.1 Hipótesis de trabajo y Objetivos 34

2.2 LCA: Análisis de Ciclo de Vida (Life Cycle Assessment) 37

2.3 SUMMA 41

2.3.1 MÉTODOS UPSTREAM 44

2.3.2 MÉTODOS DOWNSTREAM 60

CAPÍTULO 3: Agricultura en Argentina, en Bs As y en Charata 62

3.1 Rojas, Provincia de Buenos Aires 62

3.2 Charata, Provincia del Chaco 69

3.3 Situación actual de la agricultura en la planicie chaco pampeana 76

3.4 Impactos y consecuencias del modelo agrícola industrial 78

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 83

4.1 Resultados y Discusión EMERGÍA 83

4.1.1 Índices 91

4.3 Resultados y Discusión: ENERGÍA INCORPORADA 110

4.4 Resultados y Discusión EMISIONES GLOBALES 117

CAPÍTULO 5: Conclusiones 126

5.1 Ventajas y limitaciones del método SUMMA 127

5.2 Propuestas a futuro 134

BIBLIOGRAFÍA 137

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

ANEXO 1..... 151

ANEXO 2..... 155

ANEXO 3..... 159

ANEXO 4..... 161

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Resumen

Siempre se ha relacionado a la Argentina con una larga tradición agrícola, apodándosela "el granero del mundo" y contando con suelos que se encuentran entre los más fértiles del mundo. Las primeras experiencias en el ámbito rural pueden encontrarse alrededor de 1880 en la llanura pampeana, con la cría de ganado, y a partir de 1900, la agricultura. A partir de allí, la actividad productiva de la Pampa Húmeda se ha mantenido hasta hoy, momento en que la soja es el cultivo "estrella" debido a su alta rentabilidad en el mercado internacional.

Muy distinta es la historia de la llanura chaqueña. Recién en las primeras décadas del siglo XX se consolida la figura de los puestos ganaderos. La explotación a gran escala del bosque de maderas duras comienza alrededor de 1960. Al mismo tiempo, el algodón se instala fuertemente en los pastizales. Pero es a partir de la década del 90 cuando se instala la soja como cultivo predominante, utilizando el mismo modelo de agricultura dependiente de grandes cantidades de insumos externos, "pampeanizando" el Chaco (Capítulo 2).

Dado que la actividad agrícola es tan importante y la superficie con soja es cada vez más extensa, es importante evaluar las contribuciones del ambiente al proceso de producción, debido a que las mismas no están contabilizadas dentro de los cálculos de rendimiento o económicos. Para ello se utiliza un enfoque sistémico ya que los agroecosistemas se consideran sistemas ecológicos complejos, con numerosas interrelaciones y flujos entre el ser humano y el ambiente. Por esta razón se plantea una discusión sobre el rol del investigador y el paradigma dentro del cual se lleva adelante el estudio, proponiendo un marco teórico que cuestiona las limitaciones de la ciencia reduccionista (Capítulo 1).

El método utilizado se enmarca en un Análisis de Ciclo de Vida (LCA), por medio del cual se puede examinar el impacto ambiental total de un producto, a lo largo de todas las etapas de su producción. Dado que los tres pilares de la sustentabilidad son el económico, el social y el ambiental, el marco propuesto es una herramienta limitada, ya que centra sólo en el aspecto ambiental.

Dentro del LCA se utilizan distintos indicadores con la finalidad de entender cuáles son los factores que tienen mayor impacto dentro del proceso y, en la medida de lo posible, proponer maneras de disminuirlos o la adopción de procesos alternativos para optimizar el proceso. El método seleccionado, que integra varios indicadores, es el SUMMA (Sustainability Multi-Method Analysis) (Capítulo 3).

El objetivo de este trabajo es evaluar el impacto sobre el ambiente del proceso intensivo de producción de soja en dos localidades representativas: una en la llanura chaqueña (Charata) y otra en la pampeana (Rojas), las cuales presentan condiciones

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

ambientales distintas. La primera tiene al agua como factor limitante principal, un régimen de lluvias menor, temperaturas más altas y suelos menos fértiles, además de encontrarse a una distancia bastante mayor del puerto de comercialización.

Los indicadores obtenidos fueron utilizados como herramientas para comparar ambas localidades en cuanto a consecuencias de la aplicación del modelo agrícola altamente dependiente de insumos, la pérdida de nutrientes y estructura de los suelos, el riesgo ambiental de un determinado sistema productivo y las consecuencias de la "pampeanización" en zonas marginales ambiental y socialmente, entre otras. Se esperaba que debido a sus diferencias ambientales, y al presentar Charata condiciones de mayor "fragilidad" que Rojas, el impacto de la actividad agroproductiva fuese mayor en la ciudad chaqueña. Contrariamente a lo esperado los resultados de los métodos aplicados fueron bastante similares en ambos sitios de estudio. (Capítulo 4). Existen diversas razones que podrían explicar dichos resultados, como por ejemplo que la aplicación del modelo es muy similar en ambos sitios, y dado que el método seleccionado no contempla las consecuencias del avance de la agricultura sobre el ecosistema nativo, no se observan diferencias importantes en los impactos del sistema productivo (Capítulo 5).

Palabras clave: agroecosistemas, agricultura industrial, sistemas complejos, LCA (Análisis de Ciclo de Vida), sistemas sociedad-naturaleza.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Abstract

Argentina has been always connected with a long agricultural tradition, under the nickname "the breadbasket of the world", and with soils that are among the most fertile in the world. The first experiences in rural areas occurred around 1880 in the Pampean plains, with livestock, and from 1900, combined with agriculture. Since then, the productive activity of the Pampas has remained until today, when the soybean is the "star" crop, because of its high profitability in the international market.

Very different is the story of the Chaco plain. Only in the early twentieth century the figure of cattle posts became consolidated. The large-scale exploitation of hardwood forest begins around 1960. At the same time, cotton is heavily installed in grasslands. From the 90's soybean as dominant crop is installed, using the same model of agriculture dependent on large amounts of external inputs, "pampeanizando" the Chaco (Chapter 3).

Since agriculture is a main activity and the soy area is growing, it is important to assess the contributions of the environment to the production process, because this factor is not taken into account in the calculations of yield or of economics. For this purspose, a systemic approach is used because the agroecosystems, are considered complex ecological systems, with numerous relationships and flows between people and the environment. Thus, a discussion of the role of the researcher and the paradigm within which the study is carried out, is proposed, and a theoretical framework that challenges the limitations of reductionist science is presented. (Chapter 1).

The method used is framed in a Life Cycle Analysis, used to examine the total environmental impact of a product throughout all stages of production. Since the three pillars of sustainability are economic, social and environmental, the proposed framework is a limited tool because it focuses only on the environmental aspect.

Within the LCA, various indicators are used. These allow us to study the system from different perspectives in order to understand what factors have the greatest impact within the process and, as far as possible, to propose ways to diminish them or the adoption of alternative steps to optimize the whole process. The selected method, which integrates several indicators, is the SUMMA (Sustainability Multi-Method Analysis). (Chapter 2).

The aim of this study is to evaluate the environmental impact of the intensive soybean production process into two representative locations: one in the Chaco plain (Charata) and another in the Pampas (Rojas), which have different environmental conditions. In the first case, water is a major limiting factor; it has a small regime of local rainfall, higher temperatures and less fertile soils. In addition it is at a much greater distance from the export point.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

The indicators obtained will be used compare both sites in terms of issues such as the consequences of applying an agricultural model highly dependent on inputs,, the loss of nutrients and soil structure, the environmental risk of a given production system along time, and the consequences of the "pampeanization" in environmental and socially marginalized areas, among others. Due to environmental differences and Charata conditions of "fragility", was expected that the impact of the agricultural production activity was greater in the Chaco city. Contrary to expectations the results of the methods used were quite similar in both study sites (Chapter 4). There are several reasons that could explain these results, such as the application of the model is very similar at both sites, given that the selected method does not consider the consequences of the advance of agriculture on the native ecosystem, no significant differences were observed in the impacts of the production system (Chapter 5).

Keywords: agroecosystems, industrial agriculture, complex systems, LCA (Life Cylce Assessment), nature-society systems.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Agradecimientos

A mis amores, Sebastián, Lucas y Elián Esquivel (recién llegado), quienes con su infinita paciencia y amor fueron, son y serán indispensables para cada paso de mi vida.

A mis viejos, Iván y Ana María, y a mi hermana Gaby, quienes apoyaron y acompañaron mis decisiones, mis avances y desencantos, siempre con cariño y respeto.

A Silvia Matteucci, que llena vacíos, comparte sus experiencias, enseña sin darse cuenta y para mí ocupa un lugar mucho más grande que el de directora.

A Jorge Morello, que me enseñó, entre tantas cosas, que la curiosidad y el entusiasmo por aprender pueden acompañarnos hasta el último día.

A todos los compañeros del GEPAMA, con quienes comparto cada día nuevas experiencias.

A Sergio Ulgiati, una persona realmente excepcional, y a todo su equipo de la Università Parthenope, de quienes aprendí tanto, no sólo a nivel académico sino también personal. Especialmente a Gabriella Fiorentino y Amalia Zucaro, hermanas de la vida, que me brindaron tanto y tan generosamente.

A Enrique Ortega Rodríguez, excelente profesor y persona, y a todo su equipo de la Universidade Estadual de Campinas, siempre dispuestos a colaborar.

A Pablo Arístide, con quien la vida me cruzó por casualidad y me hizo descubrir que un compañero de trabajo se puede convertir en un amigo que está siempre cerca para ayudar, sostener, compartir y acompañar.

A Mabel y Graciela, de la Secretaría del Departamento de Ecología, Genética y Evolución. Hacen su trabajo no sólo de manera impecable, sino que tienen una calidez y una predisposición a ayudar que fueron indispensables para terminar esta etapa.

A todas las personas con quienes me crucé en las campañas, especialmente las familias Listello y Feliú, que me abrieron las puertas de sus casas, me contaron sus experiencias, me brindaron su tiempo. Este trabajo nunca hubiera sido posible sin ellos.

Y a todos los que no tengo espacio para nombrar (familia y amigos), pero estuvieron, están y estarán presentes, de una manera o de otra, formando parte de mi vida y ayudándome a crecer un poco más cada día.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación de los sitios de estudio 34
Figura 2: SUMMA – Sustainability Multimethod Multiscale Assessment 42
Figura 3: Diagrama de Flujos 56
Figura 4: Nutrientes requeridos por los principales cultivos 68
Figura 5: Cantidad de agrotóxicos utilizados entre 1990 y 2013 en todo el país 80
Figura 6: Diagrama de flujos de la producción de soja en Rojas y Charata 83
Figura 7: Porcentajes de contribución emergética de cada entrada en Charata 87
Figura 8: Porcentajes de contribución emergética de cada entrada en Rojas 90
Figura 9: Participación de cada entrada en el total de Masa Abiótica (Charata) 98
Figura 10: Participación de cada entrada en el total de Masa de Agua (Charata) 99
Figura 11: Participación de cada entrada en el total de Masa de Aire (Charata) 99
Figura 12: Participación de cada entrada en el total de Masa Biótica (Charata) 100
Figura 13: Participación de cada entrada en el total de Masa Abiótica (Rojas) 101
Figura 14: Participación de cada entrada en el total de Masa de Agua (Rojas) 102
Figura 15: Participación de cada entrada en el total de Masa de Aire (Rojas) 102
Figura 16: Participación de cada entrada en el total de Masa Biótica (Rojas) 103
Figura 17: Contribución a la demanda de energía total de cada entrada en Charata 113
Figura 18: Contribución a la demanda de energía total de cada entrada en Rojas 115
Figura 19: Porcentajes de emisiones de CO_2 de cada una de las entradas al sistema (Charata) 118
Figura 20: Porcentajes de emisiones de CO_2 de cada una de las entradas al sistema (Rojas) 120

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Índice de Tablas

Tabla 1: Índices empleados para el cálculo emergético de la producción de soja. 55
Tabla 2: Flujos emergéticos de CHARATA. 85
Tabla 3: Índices Emergéticos de Charata. 86
Tabla 4: Flujos emergéticos de ROJAS. 88
Tabla 5: Índices Emergéticos de Rojas. 89
Tabla 6: Índices para ambos sitios de estudio. 92
Tabla 7: MFA Charata. 97
Tabla 8: MFA Rojas. 104
Tabla 9: Comparación de requerimientos de materiales para ambas localidades 105
Tabla 10: Análisis de Energía Incorporada para Charata. 112
Tabla 11: Análisis de Energía Incorporada para Rojas. 114
Tabla 12: Comparación entre ambos sitios de estudio para los cálculos de energía incorporada 115
Tabla 13: Flujos de Emisiones Charata. 118
Tabla 14: Emisiones globales Charata 119
Tabla 15: Flujos de emisiones Rojas. 120
Tabla 16: Emisiones globales Rojas 121
Tabla 17: Emisiones por unidad monetaria ($) 122
Tabla 18: Emisiones por unidad de área (ha) 122
Tabla 19: Emisiones por unidad de materia seca (g) 123
Tabla 20: Emisiones por unidad de contenido energético (J) 123
Tabla 21: Emisiones por unidad de residuos (g) 124

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

CAPÍTULO 1: Marco Teórico

1.1 Teorías económicas: un poco de historia

Podemos considerar que a partir de las ideas concebidas por el filósofo Francis Bacon (1561-1626) se produce un enorme cambio en la concepción del ser humano con respecto a la naturaleza, ya que este autor afirmaba que nuestro entorno natural había sido creado y puesto al servicio de la humanidad para explotarlo, dominarlo y someterlo a sus necesidades. Bacon proclamaba que el materialismo científico sería la herramienta para mejorar la situación económica del hombre, y que gracias a la ciencia podríamos convertirnos nosotros mismos en creadores, transformando al resto de la creación en poder y riqueza. Para él el objetivo fundamental de la humanidad no tenía que ver con la adoración pasiva de la naturaleza o de Dios sino que, por el contrario, la humanidad debía apropiarse de la oportunidad de expandir su imperio sobre la Tierra (Worster, 2008).

Más tarde surge la corriente denominada positivismo, la cual ubica a la ciencia como el único medio para solucionar todos los problemas de la humanidad. El iniciador del positivismo francés fue Auguste Comte (1798-1857) (Reale y Antisieri, s/f), y su postura estaba en línea con las ideas de Descartes y Bacon. Así, se busca un progreso sin fin con la ciencia como garantía absoluta del mismo y de un bienestar generalizado considerando que los hechos empíricos son la única base del verdadero conocimiento.

Desde la postura positivista, se planteaba a la ciencia y a los científicos como buscadores de la verdad, por encima de cualquier tipo de interés político o económico, sólo abocados a encontrar las respuestas a las grandes incógnitas planteadas por la humanidad a lo largo de los años. Como señala Silvia Matteucci, "La sociedad se lanzó a la *conquista de la naturaleza*, perdiendo la percepción de su ubicación como parte integrante del ambiente y como factor modificador de peso, dado su poderío tecnológico. El ser humano se asumió como *regulador* del ecosistema, con la meta en su transformación para su propio beneficio, olvidando o ignorando que, como sistema orgánico, el ambiente puede responder con cambios frecuentemente no previsibles". (Matteucci, 1998)

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

A lo largo de la historia y hasta no hace mucho tiempo, los economistas tradicionales nunca tuvieron en cuenta la necesidad que tienen los sistemas socio-económicos del ambiente natural y de lo que éste provee. En un planeta donde los recursos parecían ser inagotables, jamás fue una preocupación la posibilidad de que éstos alguna vez escasearan.

El paradigma económico dominante (aislado, mecanicista, estático y ahistórico), articulado alrededor de un flujo circular entre consumidores y productores, bajo una racionalidad constante en el tiempo y el espacio, ignora los principios físicos fundamentales. Surge así la necesidad de un cambio de paradigma para abordar el reto de los servicios de los ecosistemas. Frente a este debate, dos han sido las principales aproximaciones desarrolladas: de una parte, la Economía Ambiental y, de la otra, la Economía Ecológica (Lomas, et al., 2007). Pero antes de profundizar en estas disciplinas, es conveniente realizar una breve revisión histórica de la relación entre la economía y los recursos naturales.

A fines del siglo XV y a partir del descubrimiento del "Nuevo Mundo", en Europa comienzan a conformarse los estados-nación, y en este contexto surge la línea de pensamiento económico denominada **mercantilismo**, donde era el Estado quien se encargaba de resguardar la riqueza de la nación (López Calderón, et al., 2013). Uno de los representantes de esta línea de pensamiento fue William Petty, quien distinguió dos factores de producción: el trabajo y la tierra. Para él "el trabajo es el padre y principio activo de la riqueza mientras la tierra es su madre" (Petty, 1662).

Posteriormente, en el siglo XVIII surgen los fisiócratas, quienes consideraban que la fuente de todas las riquezas del Estado y de los ciudadanos era la agricultura, porque sólo ella restituía al hombre más valor del que fue invertido. En otras palabras, la Fisiocracia es el sistema económico que atribuye el origen de la riqueza a la naturaleza. Esta corriente de pensamiento concibe a la economía humana dentro del ámbito natural y considera que el hombre debe respetar los ciclos y equilibrios, si desea continuar aprovechando la gratuidad de sus dones (Chang, 2005). El principal representante de esta corriente fue François Quesnay (1694-1774), cuyo pensamiento mecanicista y matemático quedó plasmado en su obra "Le Tableau Économique" (1758).

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

La Economía Clásica nace a mediados del siglo XVIII, en un contexto histórico que se destaca por la evolución de las ideas y los progresos en las ciencias. Uno de los principales representantes de esta disciplina es Adam Smith, cuya obra principal es "La riqueza de las naciones" (1776) quien plantea que el Estado no debe interferir en la regulación de la economía, imponiendo el principio de la "mano invisible" para explicar el equilibrio natural de la economía como consecuencia del libre actuar de los individuos. Para los clásicos la tierra cumplía el papel de insumo para el crecimiento y los recursos naturales se consideraban como ilimitados. El análisis del cambio dinámico de la sociedad descansa sobre la teoría de la acumulación, sostiene que la distribución del ingreso es equitativa entre las diversas clases sociales y de manera preferente, entre capitalistas y los terratenientes. Para López Calderón et al. (2013) la obra de Smith postula dos principios básicos que constituyen la esencia del capitalismo: por un lado señala que cuanto más se persiga el beneficio individual, mayor será el beneficio social resultante. Por otro lado, cuanto más libre sea el funcionamiento de los mercados, la distribución de los recursos será más eficiente y se generará la mayor riqueza posible.

Pero esta postura se deja de lado en la década de 1870, con el surgimiento de la Economía Neoclásica, cuando se produce una ruptura con la línea del análisis económico y donde el contexto histórico está dado por la Revolución Industrial. Se ve el valor en el intercambio, reflejando preferencias y costos de producción (fuerzas de la oferta y la demanda). A partir de este momento la economía sufre un fuerte reduccionismo, constituyéndose cada vez más en un sistema cerrado que ignora a la naturaleza y se centra en el valor dado por la oferta y la demanda. Para los economistas neoclásicos la realidad económica, más allá de su complejidad, puede reducirse a una red de transacciones comerciales en el mercado. Los fenómenos a explicar son la oferta, la demanda y el precio, por lo tanto un problema a resolver es el proceso de la formación de precios. Para esta corriente los recursos naturales no eran objeto de estudio de la ciencia económica debido a que sólo son fuentes de utilidad potencial y no real. Así, a fines del siglo XIX, la economía se posiciona como fuertemente mecanicista, aunque en otra ciencias como la física los principios newtonianos comenzaban a ser cuestionados (López Calderón, et al., 2013). En síntesis, según O'Connor (2001) el gran cambio en la idea de naturaleza producido por

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Descartes y Bacon, o por Adam Smith y los economistas (en general las "grandes mentes" desde 1500 a 1800) estuvo íntimamente ligado a los cambios de las prácticas materiales y sociales del capitalismo, esto es, la mercantilización y capitalización de la naturaleza. Para este autor la tierra y el trabajo se volvieron "mercancías ficticias" con "precios ficticios", convirtiéndose en formas particulares de capital.

El marxismo es un sistema filosófico basado en las teorías de Karl Marx (1818-1883) y Friedrich Engels (1820-1895), cuya base es el materialismo (la materia dio origen a las ideas y no al revés, como planteaba Platón o el idealismo hegeliano). Marx y Engels propusieron la creación de una sociedad sin distinción de clases, donde la producción y las fuerzas productivas sean un bien social y no privado. La obra más importante del marxismo es "El Capital", cuyo primer tomo fue publicado por Marx en 1867, mientras que los siguientes 3 tomos fueron editados por Engels entre 1885 y 1894. La palabra "capitalismo" comenzó a ser utilizada por Marx, quien la definió como el sistema económico basado en la acumulación de capital. A su vez, éste constituye el conjunto de bienes que genera renta o intereses y que se invierte o reinvierte en determinada producción.

Con el surgimiento del sistema capitalista de producción comenzó una transformación sin precedentes en cuanto a la estructura y dinámica de los agroecosistemas (Worster, 2008). Este autor extiende la definición marxista de capitalismo a toda organización de fuerza de trabajo, tecnología o técnica destinada a la producción de mercancías para la venta en el mercado. Pero también aclara que esta definición no reconoce que el capitalismo originó una relación diferente de las personas con los recursos naturales, es decir, se produjo una reorganización de la naturaleza además de la sociedad. Y es en este punto donde Worster señala una cuestión fundamental: el capitalismo introdujo una innovación que cambiaría totalmente la manera en que los seres humanos se relacionaban con la naturaleza, ya que creó, por primera vez en la historia, un mercado general de tierras. De esta manera, todas las complejas y numerosas interacciones que ocurren en un sistema natural pudieron reducirse y "mercantilizarse" bajo el concepto de "tierra". Esto permitió que se pudiera comerciar con ella sin restricciones, y la consecuencia fue que en el mundo capitalista los agroecosistemas fueron transformados

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

para lograr el fin último de este sistema económico: "poseer en abundancia" o la acumulación de riqueza personal.

Siendo la especialización uno de los pilares del modo de producción capitalista, no es de extrañar que la misma terminara trasladándose a la agricultura, apuntando cada vez más al establecimiento de monocultivos.

La Economía Ambiental se constituye como disciplina en los años setenta del siglo XX, como una respuesta de los economistas neoclásicos a la problemática ambiental contemporánea. Esta disciplina se basa en las teorías de la internalización de las externalidades de Pigou (1920) y Coase (1960), ambos de la escuela neoclásica.

Según Kapp (1950) el concepto de "**externalidades ambientales**" se intenta incorporar desde la economía convencional y se lo entiende como "interdependencias ocasionales entre las actividades productivas y el medio ambiente, que se resguardan bajo el paraguas, vacío intelectualmente, de los fallos del mercado que pueden ser resueltos por algún tipo de intervención estatal vía impuestos y/o subvenciones". Kapp muestra que es la racionalidad empresarial basada en la minimización de los costos privados y la maximización de los beneficios, amparada por los poderes públicos gracias a unas determinadas reglas de juego, la que genera los ***costos sociales***, término que opone al de externalidades (Aguilera, 2006). De esta reflexión se desprende que dichos costos sociales son evitables.

Kapp se está refiriendo a los planteos de Pigou quien, en su libro "La Economía del Bienestar" (1920), señala que cuando no existen relaciones contractuales entre el causante y los afectados por la externalidad, el Estado puede impulsar o restringir las inversiones a través de impuestos. Por esta idea se popularizó la expresión "impuestos pigouvianos". Pero Pigou también indica que se pueden alcanzar soluciones a través de "acuerdos voluntarios introducidos por los propios propietarios en los contratos anuales" (Pigou, 1920, citado por Aguilera y Alcántara, 1994). Es decir, este autor no cuestiona en ningún momento que las externalidades están generadas por la misma racionalidad empresarial en su intento de maximizar ganancias, sino que se detiene en la manera de incluirlas en los cálculos económicos.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Por su parte Coase, en su obra "El Problema del Costo Social", si bien pareciera cuestionar a Pigou, también plantea que una solución alternativa a la problemática de las externalidades es la reglamentación estatal directa, con el Estado decretando que determinados métodos de producción queden prohibidos o resulten obligatorios (Coase, 1960, citado por Aguilera y Alcántara, 1994). Más allá de las discusiones entre partidarios de Pigou y Coase y de las críticas a ambos, es importante señalar que ambos autores fueron de los primeros en incluir en la discusión económica la idea de consecuencias ambientales de las actividades productivas, la cual fue tomada posteriormente por la Economía Ambiental.

Es decir, la Economía Ambiental, al igual que la economía neoclásica, se concentra en el análisis sobre la escasez y en esta disciplina los bienes son valorados según su abundancia-rareza, de tal manera que cuando se trata de bienes escasos, éstos son considerados bienes económicos, mientras que cuando son abundantes, no son económicos. El medio ambiente comienza a adquirir estatus de bien económico porque muchos recursos naturales, como el agua y algunas fuentes de energía no renovables, comienzan a escasear y presentan horizontes de agotamiento previsibles. Al mismo tiempo, estos bienes naturales, aun cuando sean insumos indispensables del proceso productivo, presentan características de bienes no económicos, por no poseer precio ni dueño. Por esta razón, el medio ambiente se encuentra externo al mercado. La incorporación del medio ambiente al mercado, según la economía ambiental, se daría mediante el procedimiento de internalización de esas externalidades, adjudicándoles un precio. Conviene notar que la internalización de las externalidades no tiene como objetivo aprehender teóricamente la dimensión ecológica de los fenómenos económicos, sino reducir el medio ambiente a una dimensión mercantil. Por eso, la economía ambiental se ocupa principalmente de la valoración monetaria del ambiente. Una vez internalizado, este último pasa a tener las características de un bien económico, o sea, pasa a tener precio y/o derecho de propiedad (Chang, 2005).

A partir de 1960 algunos economistas comienzan a ocuparse de los impactos de las actividades económicas sobre los ecosistemas, aunque la crítica ecológica de la economía convencional comenzó hace más de cien años, con representantes como Georgescu-

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Roegen, Daly, Kapp, etc. (Martínez Alier, 1994). Es entonces que, como contrapunto crítico a la economía ambiental, surge simultáneamente la Economía Ecológica, basada en las leyes de la termodinámica y los grandes ciclos biogeoquímicos de los ecosistemas de la biosfera. Esta escuela vuelve a enfatizar la finitud de los recursos naturales en las propuestas de política de gestión ambiental.

Según Naredo, la Economía Ecológica posee un enfoque "ecointegrador" y sus fundamentos "afectarían al método, al instrumental e incluso al propio estatuto de la economía, al sacarla del universo aislado de los valores de cambio en el que hoy se desenvuelve para hacer de ella una disciplina obligadamente transdisciplinar" (Naredo, 1994). Este carácter transdisciplinario, derivado de la necesidad de estudiar la relación entre los ecosistemas naturales y el sistema económico, demanda la participación no sólo de economistas, sino también de científicos naturales y otras disciplinas. De manera que la teoría económica-ecológica pretende "abrirse" para incorporar otras disciplinas. Es muy importante diferenciar entre conceptos tales como multidisciplinario, interdisciplinario y transdisciplinario, los cuales muchas veces son utilizados como sinónimos, y no lo son. El primer término se refiere a la participación de varias disciplinas en un mismo tema, pero sin coordinación entre ellas. La interdisciplina se refiere a la participación de varias disciplinas coordinadas que comparten un marco conceptual. De esta manera, cada una de ellas se ajusta para generar una nueva ciencia que las integre a todas. Si a esta última se le agrega la educación y la sociedad para actuar coordinadamente con un objetivo común, se trata de transdisciplina (Jantsch, 1970; Tress, et al., 2004; citados por Matteucci, 2009).

1.1.1 La Economía Ecológica y las Leyes de la Termodinámica

La Economía Ecológica se articula sobre tres nociones biofísicas fundamentales (Aguilera y Alcántara, 1994):

1) La primera Ley de la Termodinámica, o la Ley de Conservación de la Energía: se puede decir que se ocupa exclusivamente de la *cantidad* de energía y según la cual

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma. De acuerdo a esta ley la generación de residuos es algo inherente a los procesos de producción y consumo.

2) La Segunda Ley de la Termodinámica o Ley de la Entropía: se refiere a la *calidad* de la energía, es decir, su convertibilidad en otras formas de energía o trabajo mecánico. Otra forma de enunciar esta segunda Ley es la siguiente: La entropía de un sistema aislado que no está en equilibrio tenderá a aumentar en el tiempo, siendo la entropía una medida de la incapacidad de la energía del sistema de transformarse en trabajo. Esto implica que la materia y la energía se degradan continua e irrevocablemente desde una forma disponible a una forma no disponible, o de una forma ordenada a una desordenada. Así, desde el punto de vista de la termodinámica lo que confiere valor económico a la materia y energía es su disponibilidad para ser utilizada.

3) La tercera noción se divide en dos: por un lado la imposibilidad de generar más residuos de los que puede tolerar la capacidad de asimilación de los ecosistemas, con riesgo de destrucción de los mismos y de la vida humana. Por otro lado, la imposibilidad de extraer de los sistemas biológicos más de lo que se puede considerar como su rendimiento sostenible o renovable (Daly, 1990; citado por Aguilera y Alcántara, 1994).

Aunque según las leyes de la termodinámica, toda la energía puede convertirse en calor, de acuerdo también a dichas leyes una forma de energía no es reemplazable por otra en todas las situaciones. Esto quiere decir que es importante hacer una diferencia entre la **calidad** y la **cantidad** de energía. La 1º ley plantea que la cantidad se mantiene constante a través de las diversas transformaciones, mientras que la 2º ley se refiere a que la calidad de la misma va disminuyendo a medida que ocurren las transformaciones. En resumen, ocurre una pérdida de energía en términos de calidad y no de cantidad. Todos los procesos de transformación de la energía comprenden una cierta degradación de su calidad. Un ejemplo de esto puede observarse en las cadenas tróficas presentes en los ecosistemas: los organismos productores o autótrofos aprovechan la luz solar, que llega a la superficie terrestre en gran cantidad, pero bastante diluida. Una parte es utilizada a través de la

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

fotosíntesis para la vida del organismo, y otra se pierde en forma de calor. Cuando un consumidor herbívoro consume una planta, otra porción de energía se degrada como calor, por lo tanto aunque la energía esté más concentrada posee menor capacidad de realizar "trabajo". A medida que se avanza a través de los eslabones de la cadena, la energía se va concentrando y disminuyendo su calidad, por lo tanto esto explica por qué dichas cadenas tienen una cantidad acotada de eslabones.

Según Kapp, "la destrucción ambiental y la creciente escasez de los recursos por fin nos han hecho tomar conciencia del hecho que la producción, la asignación, la elección de insumos y su colocación, no están ocurriendo en los sistemas cerrados o semi cerrados que la ciencia económica ha usado tradicionalmente como modelos teóricos para explicar los procesos económicos, sino que básicamente esto ocurre en sistemas abiertos" (Kapp, 1976). En la misma línea de pensamiento, Georgescu-Roegen (1971) plantea que es totalmente erróneo considerar al proceso económico de forma aislada y circular, como lo hace el análisis tradicional. Debido a que la economía está sustentada por una base material con ciertas restricciones, el proceso económico presenta una evolución unidireccional irrevocable. Sólo el dinero circula en dos direcciones, de un sector económico a otro. Las restricciones a las que se refiere este autor dependen en gran medida de las Leyes de la Termodinámica enunciadas más arriba.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

1.2 La ciencia y el estudio de los sistemas complejos

Según Ravetz (2003), aunque todavía hay algunos que imaginan a la ciencia como un ejercicio inocente, cultivada por personas motivadas por la curiosidad, esa imagen tiene poca credibilidad en estos tiempos. La creencia previa de que los científicos deberían y podrían proporcionar cierta información objetiva de los hechos para la toma de decisiones, ahora se reconoce cada vez más como simplista e inmadura.

Mientras antes la ciencia parecía estar asociada a un constante avance del conocimiento, hoy se produce lo contrario: nos enfrentamos a una incertidumbre, y muchas veces ignorancia, sobre las consecuencias del avance científico.

En la actualidad existen nuevas preocupaciones derivadas de un avance insospechado de la tecnología en campos tan diversos como la ingeniería, la electrónica, la genética, etc. Tal como plantea Matteucci (1998): "Las sociedades industriales están experimentando cambios estructurales masivos y se están montando en un proceso de globalización económica y tecnológica. La aceleración creciente de este proceso, que no es más que la transnacionalización del capitalismo llevada a su máxima expresión, se hace evidente en campos como la banca y las finanzas, las telecomunicaciones vía satélite, la informática, el transporte aéreo, la biotecnología, entre otras". Dicho avance genera nuevos escenarios, con cambios a ritmos tan veloces que resulta difícil asimilarlos, los cuales enfrentan a la humanidad con nuevos desafíos. Para lidiar con ellos se hace imprescindible la adquisición de nuevas herramientas y enfoques. Hoy en día no se puede seguir hablando de la separación entre ciencia y política, economía o sociedad, ya que dicho límite es totalmente difuso. Se necesita cada vez más una visión holística de los problemas que reemplace el tradicional enfoque reduccionista, haciendo hincapié en el diálogo entre los científicos, los tomadores de decisiones y las personas involucradas en tales problemas.

El análisis de la sustentabilidad en agricultura requiere en primera instancia el reconocimiento de que estamos tratando con sistemas complejos. Según Rosen (1977) "un sistema complejo es aquel que nos permite distinguir varios subsistemas dependiendo enteramente de cómo nosotros elegimos interactuar con el sistema". Es decir, complejo es

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

un adjetivo que se refiere a las características del proceso de evaluación o valoración más que una propiedad inherente al sistema mismo. Rosen apunta a una dimensión epistemológica del concepto de complejidad, la cual está relacionada con la inevitable existencia de diferentes perspectivas relevantes, las cuales no pueden ser todas mapeadas al mismo tiempo por un único modelado. Por otro lado, los modelos sólo pueden ver una parte de la realidad, la parte en la cual está interesado el modelador. Es decir, cualquier representación científica de un sistema complejo está reflejando sólo un conjunto de nuestras posibles relaciones (interacciones potenciales) con él (Giampietro, 2004). Según plantea Giampietro, la inevitable existencia de visiones no equivalentes sobre cuál debe ser el conjunto de cualidades relevantes a ser consideradas cuando se modela un sistema natural, es un punto crucial en la discusión sobre ciencia de la sustentabilidad.

Otra definición de sistema complejo es aquella que aporta Andrés Schuschny (1998): "un Sistema Complejo puede ser definido como un sistema formado por un gran número de elementos simples, que interactúan entre sí, capaces de intercambiar información entre ellos y el entorno y, a su vez, capaces de adaptar su estructura interna como consecuencia de tales interacciones (...) La propiedad de no linealidad de las interacciones entre los constituyentes del sistema es responsable, bajo ciertas circunstancias, de una gran riqueza de comportamientos emergentes coherentes que se manifiestan bajo la forma de interesantes estructuras macroscópicas dignas de ser estudiadas (...) En consecuencia surge un nuevo paradigma en el que el todo es más que la suma de las partes".

Una de las principales características de los sistemas complejos es que la riqueza y diversidad de interacciones entre una gran cantidad de variables dependientes permite a los sistemas complejos autoorganizarse, y este proceso de auto organización sucede espontáneamente. Otra característica relevante es su naturaleza adaptativa, ya que los sistemas complejos no son pasivos, sino que responden activamente a lo que ocurre a su alrededor, transformándolo para su propia ventaja (Sardar y Abrams, 1999).

Podemos resumir las características principales de los sistemas complejos de la siguiente manera:

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

1) Son sistemas abiertos que se encuentran lejos del equilibrio termodinámico; esto implica que deben intercambiar materia y energía con el ambiente, del cual dependen para establecer estructuras y funciones (Giampietro y Mayumi, 2008).

2) Se organizan jerárquicamente y operan a múltiples escalas espaciales y temporales, por lo tanto las características estructurales y los patrones comportamentales están evolucionando a diferentes ritmos temporales (Giampietro, 2003).

3) Son sistemas autopoyéticos o autopoiéticos (Maturana y Varela, 1980; citados por Giampietro y Mayumi, 2008). "Poiesis" significa creación o producción, y autopoiético indica la "organización circular" de los sistemas vivos, es decir, la capacidad de "producirse a sí mismos".

4) Dado que los sistemas vivos (sociales y ecológicos) son dinámicos porque están continuamente coevolucionando con su entorno, poseen la característica de estar siempre transformándose en "algo más". Este "devenir" (becoming) fue propuesto por Ilya Prigogine (1980) para señalar el problema que surge al intentar modelar dichos sistemas. Esto implica que requieren una continua actualización de las variables y sus interrelaciones cuando se describe su comportamiento.

Además de las características propias de los sistemas complejos, es importante analizar el papel del investigador que aborda un determinado problema en ciencias de la sustentabilidad. Tal como plantea Schumpeter, "el trabajo analítico comienza por material provisto por nuestra visión de las cosas, y esta visión es ideológica casi por definición". Este autor señala que el observador mismo es producto de un determinado ambiente social, y de su ubicación particular en ese ambiente, lo cual lo condiciona a ver ciertas cosas y no otras (Schumpeter, 1954). Por lo tanto, al momento de realizar una investigación, una de las principales cuestiones que debe tratarse es la contextualización del analista científico; es decir, no debe perder de vista que sus objetivos, análisis y conclusiones se verán impregnados de subjetividad, dependiendo de incontables variables asociadas a las experiencias vividas.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Cada vez es más urgente que la ciencia se posicione como cualquier otra producción humana, sujeta a debilidades, subjetividades e intereses, y por lo tanto, susceptible de ser influenciada por cuestiones económicas o políticas. Nunca debe perderse de vista quién es el observador, porque esto determinará siempre las conclusiones a las que arribe. Dicho con otras palabras, la ciencia no puede continuar viéndose como libre de intereses, prejuicios, valores personales o agendas institucionales, ya que, al ser una producción humana, carece de objetividad absoluta.

Pero más allá de los intereses ocultos (o explícitos), muchas diferencias entre profesionales en cuanto al abordaje de los problemas no tienen que ver con la elección de un mejor o peor modelo, sino con que, simplemente, los problemas son percibidos de maneras distintas por los investigadores. Según Giampietro (2004), los científicos sólo pueden medir representaciones específicas de sus percepciones del sistema; esto es establecer la definición de un conjunto de cualidades relevantes asociadas con la elección de una identidad formal a ser usada en el modelo. Es decir, no sólo los distintos investigadores pueden tener visiones y objetivos distintos cuando encaran una investigación, sino también el mismo investigador puede cambiar en el tiempo, y abordar un problema de forma distinta en otro momento de su vida. Mayumi y Giampietro (2006) plantean que los científicos pueden organizar y compartir sus propias percepciones del mundo externo ya que son capaces de percibir el dualismo entre el "sistema natural observado" y su "ambiente". Un sistema natural es entonces una construcción originada en la mente del científico, pero que refleja la existencia de patrones reconocibles en el mundo externo.

Pero si estamos planteando que un observador no es un ente estático que permanece inalterable en el tiempo, sino que se transforma, cambia; ¿que tendríamos que decir de los sistemas ecológico-socio-económicos, los cuales son complejos por definición?

Aquí es donde se presenta el problema: ¿cómo desarrollar indicadores cuantitativos que representen en forma adecuada un sistema complejo? La manera científica tradicional de lidiar con estas limitaciones es elegir un pequeño grupo de entre las múltiples escalas y dimensiones posibles. Esto genera, inevitablemente, una dramática reducción de los

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

análisis que pueden realizarse, perdiéndose la posibilidad de una visión integradora del sistema. Y esta excesiva dependencia del reduccionismo genera una debilidad en los análisis. Es muy importante no perder de vista que se está trabajando con sistemas abiertos. Así, aunque establezcamos un límite del sistema, será siempre artificial y arbitrario, y es posible que dejemos fuera del análisis algún factor importante para el funcionamiento del mismo.

Es por esta razón que en la presente tesis se propone una metodología de análisis basada en los postulados de la Ciencia Post-Normal (Funtowicz y Ravetz, 1992, 1993, 1994; Ravetz, 1999a, 1999b, 2001, 2005) y de la Economía Ecológica. Según Funtowicz y Ravetz (1993), la Ciencia Post-Normal plantea un "diálogo interactivo" donde los sistemas son considerados como dinámicos y complejos, con un alto grado de incertidumbre, y están abiertos a sufrir una interacción constante para proveer una guía en la elección de estrategias apropiadas para resolver problemas. Dicho diálogo es un pilar fundamental de la ciencia post normal, no sólo entre científicos de distintas disciplinas, sino también con miembros de la llamada "comunidad extendida de pares" (Funtowicz y Ravetz, 2008). El diálogo entre miembros de una sociedad ayuda a crear un proceso por el cual las personas reconocen y entienden la existencia inevitable de disyuntivas asociadas a determinado objetivo (Mayumi y Giampietro, 2006).

Un científico puede conocer en forma muy profunda la teoría acerca de un método, pero al momento de aplicarlo a la realidad, es fundamental la experiencia de aquellos para los cuales dicha realidad forma parte de su vida cotidiana. Son innumerables los ejemplos donde se aborda un problema exclusivamente desde el ámbito científico, sin dar lugar a las opiniones, preguntas y participación de los involucrados, con resultados generalmente equivocados, cuando no contraproducentes, generando más problemas con la supuesta solución. El conocimiento práctico, empírico, de las personas es algo que no se puede obtener a partir de los libros o teorías (Ravetz, 1999a).

Para estos autores la ciencia post normal surge como una respuesta a la necesidad de cambio de enfoque en relación a los nuevos desarrollos tecnológicos, los cuales empiezan a tener que ver con varios ámbitos distintos, con intereses diversos, y puntos de

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

vista no equivalentes, conflictos de valores y necesidades urgentes de toma de decisiones. En resumen: "En las ciencias relevantes, el estilo del discurso ya no puede ser la demostración, como datos empíricos de conclusiones verdaderas. Más que eso debe ser un diálogo, reconociendo la incertidumbre, el compromiso de valores y la pluralidad de perspectivas legítimas. Éstas son las bases de la Ciencia Post Normal" (Funtowicz y Ravetz, 1998). El mundo real está incluido dentro de la Ciencia Post Normal, con toda su variabilidad, incertidumbre, complejidad e influencias de la política, el poder y los privilegios (Ravetz, 2006).

Por otra parte, se sabe que un sistema complejo es jerárquico. La definición sería la siguiente: "un sistema es jerárquico cuando opera a múltiples escalas espacio temporales, es decir, cuando diferentes tasas del proceso son encontradas en el sistema" (Giampietro, 2004). Lo primero que se desprende de esta definición es que la presencia de diferentes niveles y escalas a las cuales opera el sistema jerárquico implica la inevitable existencia de formas no equivalentes de describirlo. Por esta razón es tan importante apuntar continuamente al diálogo, ya que las diversas visiones acerca del sistema tienen que ver con las diferencias entre las personas que lo abordan (incluidos los profesionales/científicos), y son las que le permiten al analista obtener una imagen más completa de la problemática que está analizando.

Cuando estudiamos un sistema complejo, debemos ser conscientes de que es dinámico, con cambios rápidos, de manera que es necesario estar aprendiendo sobre él y actualizando nuestra percepción permanentemente. El problema de la ciencia dura y sus modelos cuantitativos es que éstos son estáticos (plantean como condición mantener todas las variables fijas menos una –ceteris paribus- lo cual permite hacer predicciones a futuro). La mencionada dinámica de los sistemas complejos impide cualquier tipo de determinismo, y a la vez requiere la utilización de variables e indicadores que contemplen la posibilidad de variaciones en el tiempo, las cuales, para hacer las cosas aún más complicadas, son generalmente impredecibles. Por esta razón se debe mantener siempre abierta la posibilidad de cambios constantes en el abordaje de problemas en este tipo de sistemas. Se necesita manejo adaptativo y monitoreo, ya que los sistemas cambian

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

constantemente, por eso no se pueden hacer evaluaciones rígidas, sino que debe monitorearse para que, si el sistema se modifica, también lo haga la planificación.

Para Ravetz (2006) es importante tener en mente que alcanzar la sustentabilidad está relacionado principalmente con un cambio de conciencia, es decir, el cambio en la concepción tradicional de "ciencia" es una parte integral del proceso.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

1.3 Sustentabilidad

El concepto de "desarrollo sustentable" o "sostenible" (generalmente se utilizan como sinónimos) se introdujo por primera vez en el informe redactado en 1987 por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo titulado "Nuestro Futuro Común". En él puede encontrarse la definición de dicho concepto (la traducción es propia): "La humanidad tiene la capacidad de hacer sostenible el desarrollo asegurando que cumpla con las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (...) Pero la tecnología y la organización pueden ser gestionadas y mejoradas para dar paso a una nueva era de crecimiento económico" (Brundtland, 1987, pag 16).

Como puede verse a partir de esta definición, el concepto es contradictorio en sí mismo, ya que ambos términos ("desarrollo" y "sostenible") son incompatibles, y colocados como adjetivo y sustantivo en una misma expresión, transmiten un absurdo imposible de cumplir y desnudan un designio inconfesable, que se contradice con el propósito explícito, sobre todo por el significado de la palabra "desarrollo" en nuestro contexto económico. (Matteucci, 1998).

Posteriormente se propuso una amplia variedad de definiciones para el concepto de sustentabilidad, muchas veces utilizada como sinónimo de desarrollo sustentable. Una de ellas plantea que es una aproximación integrada a la toma de decisiones y elaboración de políticas en la que la protección ambiental y el crecimiento económico de largo plazo no son incompatibles, sino complementarios, y más allá, mutuamente dependientes (Nieto Caraveo, 2000).

Puede verse que en estos ejemplos se enfatiza el crecimiento económico, sin cuestionar en ningún caso la contradicción que surge al plantear un crecimiento ilimitado en un planeta donde los recursos son finitos. Como planteamos al principio de este capítulo, nunca se considera que la economía está inmersa en un sistema mayor, que es el natural o ambiental, el cual es abierto y con flujos de materia y energía unidireccionales, tal como vimos que enuncian las dos leyes de la termodinámica.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

De acuerdo con el enfoque epistemológico utilizado en este trabajo, conceptos como "salud", "calidad de vida", "sustentabilidad" no pueden ser definidos de una manera formal única. Por otro lado, los análisis cuantitativos de escenarios futuros siempre estarán afectados por importantes dosis de ignorancia. Nadie puede predecir el futuro, no importa cuán sofisticados sean los modelos, modeladores y computadoras utilizados. La ignorancia sobre el futuro es inevitable. Como resultado, esto conduce claramente a que la "sustentabilidad" es acerca de un proceso y no puede ser representada en términos formales; la sustentabilidad no es un análisis que puede ser obtenido ejecutando un algoritmo (DECOIN Project, 2008).

Actualmente ya no se discute la necesidad de volcar esfuerzos en pos de una agricultura sustentable, pero en la práctica el término no se ha hecho operativo, y una de las principales razones de esto es la ambigüedad y poca funcionalidad del concepto.

Una definición de sustentabilidad que resulta mucho más funcional y acorde con las ideas que venimos planteando es la de Mayumi y Giampietro (2006), quienes sostienen que la cuestión de la sustentabilidad requiere el uso integrado de varios enfoques metodológicos para entender mejor la interacción entre los actores dentro del sistema socio-económico y entre los sistemas socio-económicos y ecológicos. En definitiva, la sustentabilidad es un concepto complejo en sí mismo porque pretende cumplir con varios objetivos en forma simultánea que involucran dimensiones productivas, ecológicas o ambientales, sociales, culturales, económicas y, fundamentalmente, temporales. Para esta complejidad no existen parámetros ni criterios universales o comunes de evaluación. Por esta razón es que, en la actualidad, varias tecnologías, incluso contrapuestas, son promovidas como sustentables. El problema es que no se puede medir; no hay un valor de sustentabilidad contra el cual comparar. Un ejemplo de esto es que quienes promueven la siembra directa consideran a esta tecnología como sinónimo de sustentabilidad, mientras otros plantean que, si bien es una práctica conservacionista, promueve un mayor uso de fertilizantes, herbicidas, insecticidas y funguicidas (Sarandón, 2002), que facilitan el crecimiento de índices de riesgo relativo de contaminación ambiental (Viglizzo, 2002) o impactos sociales y ambientales que, por lo menos, se encuentran pobremente evaluados (Pengue, 2005).

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Como planteamos anteriormente en relación a la ciencia Post Normal, los temas relacionados con la sustentabilidad también implican que la incertidumbre es el jugador principal en los procesos analizados.

En la última década han surgido varios movimientos que plantean cambios en ciencia y tecnología apuntando a una transición hacia la sustentabilidad. El programa de investigación que ha emergido de estos movimientos se llamó "Ciencia de la Sustentabilidad" por el National Research Council (1999). Este concepto se refiere al proceso por el cual múltiples ciencias abordan un tema común, y se enfoca en las interacciones dinámicas entre naturaleza y sociedad (Clark y Dickson, 2003; Kates, et al., 2001). También requiere avanzar en nuestra capacidad para abordar el comportamiento de sistemas complejos autoorganizativos, así como las respuestas, a veces irreversibles, del sistema sociedad-naturaleza a múltiples disturbios. Combinar diferentes formas de conocimiento y aprendizaje permitirá que diferentes actores sociales puedan actuar en conjunto, incluso con mucha incertidumbre e información limitada (Kates, et al., 2001). Estos autores señalan que en cada fase de la investigación dentro de las ciencias de la sustentabilidad tienen que utilizarse, ampliarse o inventarse técnicas y esquemas novedosos.

Por último, resulta interesante comentar algunas de las reglas propuestas por Mayumi y Giampietro, (2006) para ser seguidas por un investigador interesado en analizar sistemas complejos adaptativos en relación con temas de sustentabilidad:

1) Evitar formalismos sin sentido. Antes de empezar a "hacer números" basados en alguna formalización, es importante examinar si las narrativas (percepciones de los diversos actores involucrados) o los fundamentos del modelo serán relevantes para aquellos que lo utilizarán. Es decir, números sin una base robusta sólo son construcciones que pueden generar conclusiones equivocadas. Es importante la validez de la narrativa particular asociada con la definición y estructuración del problema.

2) Siempre se debe recordar que el rol del observador se encuentra dentro de la "foto". Cuando estudiamos temas de sustentabilidad existen tres entidades que evolucionan juntas: a) la sociedad que contiene al modelador, b) el modelador estudiando

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

el sistema en cuestión y c) el sistema modelado. El análisis de sustentabilidad requiere la habilidad de diseñar en un tiempo adecuado tanto la definición del tema como la estructuración del problema con la finalidad de desarrollar una evaluación integrada de qué es relevante, creíble y aceptable para los actores sociales en un dado contexto, en relación con las tres entidades nombradas anteriormente.

3) Recordar que cualquier sistema investigado es especial, y esto implica que nadie puede predecir su futuro. Nuestra percepción y representación sólo reflejan parcialmente el mundo exterior. La sustentabilidad tiene que ver con cosas que están ocurriendo por primera y única vez.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

CAPÍTULO 2: Materiales y Métodos

Cuando miramos a nuestro alrededor, nos vemos rodeados de un sinnúmero de objetos destinados a los usos más diversos: desde aquellos prácticamente indispensables, como la propia vivienda o la vestimenta, hasta los adornos que cuelgan de las paredes o descansan en nuestras repisas. Pero si nos detenemos a observar cualquiera de ellos podemos imaginar su historia, comenzando con la materia prima, "de qué está hecho", dónde se fabricó, hasta dónde se transportó y, finalmente, dónde lo obtuvimos. Cada una de las cosas que nos rodea posee una cadena de transformaciones que involucra la participación de muchas personas, en distintos puntos del proceso, y en diversos espacios físicos. Claro que la longitud de estas cadenas puede ser muy distinta, dependiendo del objeto al que nos referimos, pero todos comparten el haber pasado por varias etapas en las cuales fueron cambiando, se transformaron, y "viajaron" desde el lugar de origen de la materia prima hasta nuestras manos.

Si tenemos en cuenta que cada uno de esos objetos está compuesto por materiales con mayor o menor grado de transformación, podríamos pensar entonces que siempre existe un "flujo" de materia desde el ambiente del cual es extraída hasta nosotros. Y la consecuencia de ese movimiento de materiales es un cierto impacto sobre los ecosistemas, el cual será mayor o menor dependiendo del proceso utilizado para la extracción de materias primas y de la naturaleza de las mismas. Por ejemplo, en cuanto a materiales extraídos de los ecosistemas, no es igual la cantidad de rocas removidas por la minería para fabricar un anillo de oro que la madera utilizada para hacer una mesa. Es evidente entonces que los enormes movimientos de materiales realizados por el ser humano a lo largo de su historia y, especialmente, en el último siglo generan y generarán cambios en la estabilidad de la biosfera (Schmidt-Bleek, 1993).

En las épocas en que los seres humanos no se organizaban en ciudades, sino que pertenecían a pequeñas comunidades donde algunos se encargaban de obtener el alimento diario, y otros elaboraban algunos utensilios tales como vasijas, tejidos, instrumentos, etc, los objetos presentaban cadenas muy cortas de transformación.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Generalmente, aquellos que recolectaban las materias primas para su elaboración eran los mismos que las trabajaban y posteriormente las utilizaban, y en los casos de intercambio con otras personas, éste se llevaba a cabo con comunidades vecinas, con lo cual el transporte se realizaba a lugares cercanos. Posteriormente, cuando la aparición de la agricultura permitió el asentamiento de las comunidades y la posibilidad de obtener un excedente productivo que podía intercambiarse por otras cosas, surgió una división del trabajo y comenzó el desarrollo de las ciudades. Es decir, mientras algunos se dedicaban al cultivo de plantas para alimento, o a la cría de animales, otros fabricaban objetos necesarios para la vida diaria.

Una ciudad se provee de alimento a partir de las tierras productivas ubicadas en sus afueras, mientras que los comercios y servicios se ubican dentro de ella. Podríamos decir que un asentamiento urbano es una especie de "parásito" que depende para su subsistencia de las zonas aledañas donde se cultiva y se crían los animales que serán consumidos por las personas que lo habitan. Es importante tener en cuenta que de los 500 mil años de historia de la humanidad, hasta hace 500 años la mayoría de las personas continuaban viviendo de la caza, la pesca y la recolección. Recién en los últimos 300 años la agricultura y la ganadería se transformaron en el modo principal de obtener alimentos. Y hasta hace aproximadamente 70 años, dichas actividades se practicaban con pocos insumos. Teniendo en cuenta los materiales y la energía, la nueva tecnología aplicada a la agricultura es altamente demandante, especialmente de agroquímicos y combustibles fósiles (Solbrig y Morello, 1997).

A medida que pasaron los años y la tecnología fue desarrollándose más y más, se descubrieron nuevos materiales y nuevas maneras de trabajarlos. Al mismo tiempo, el desarrollo de diversas formas de transporte basados en combustibles fósiles, permitió que los objetos ya no se consumieran o utilizaran en su lugar de origen, sino que viajaran muchos kilómetros hasta destinos alejados. Pero la aparición del petróleo introdujo uno de los cambios más profundos experimentados por la humanidad ya que surgieron nuevos materiales (por ejemplo una inmensa variedad de plásticos), energía para las industrias, las viviendas, servicios, etc. Los cambios efectuados por el ser humano sobre su entorno son de una magnitud enorme. Por ejemplo, se calcula que los volúmenes de materiales que se

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

mueven anualmente para la construcción de caminos, viviendas, minas, infraestructuras, etc., son mayores que la suma de todos los sedimentos arrastrados por todos los ríos del mundo (Solbrig y Morello, 1997).

Hoy en día, al mirar a nuestro alrededor, nada de lo que poseemos fue fabricado por nosotros, ni sabemos exactamente de dónde se extrajo la materia prima para su fabricación, además de las grandes distancias que pueden haber viajado estos objetos. Nuestra comida es comprada habitualmente en un supermercado, y muchas veces no sabemos si se produjo en nuestro país, en uno limítrofe o tal vez en el otro extremo del planeta. En cuanto a la alimentación, en la mayoría del mundo ya no se consume sólo lo que puede producirse en cada región debido a las características ambientales propias, sino que se ha generado una alimentación "global" en cierta forma, debido a las rápidas formas de transporte que existen hoy en día. Los productos que producimos, usamos y eventualmente desechamos consisten en materiales que han sido alterados química y físicamente, de modo que hoy prácticamente no utilizamos materiales tal como se encuentran en la naturaleza (Schmidt-Bleek, 1993).

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

2.1 Hipótesis de trabajo y Objetivos

Objetivo General

Se seleccionaron dos localidades agrícolas argentinas: una en la Región Pampeana (Rojas, Provincia de Buenos Aires) y otra en la Región Chaqueña (Charata, Provincia de Chaco), con el objetivo de compararlas en cuanto a sistemas productivos a pequeña/mediana escala. La ventana temporal es de un año, tomando como referencia la campaña 2009-2010.

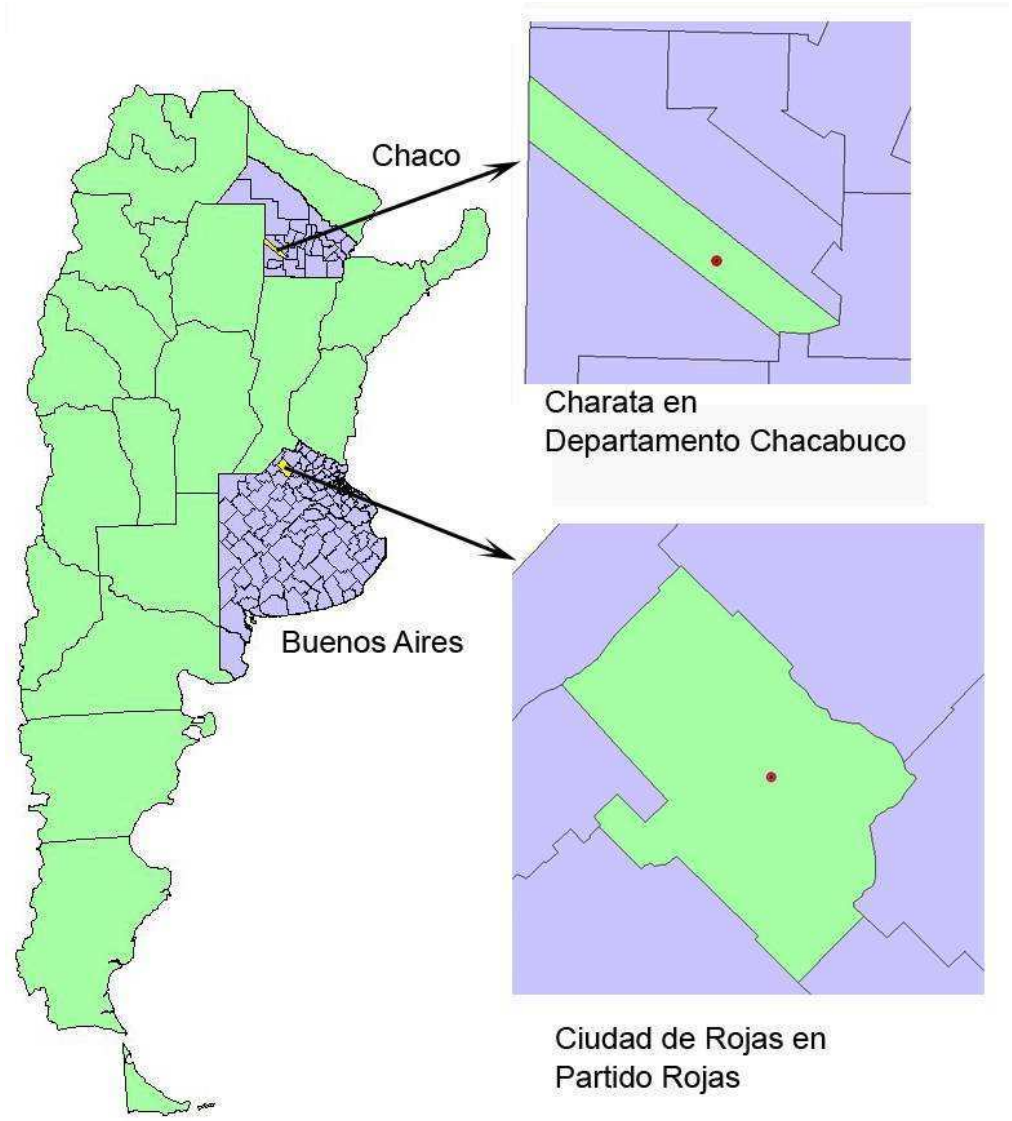


Figura 1: ubicación de los sitios de estudio

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Para satisfacer el objetivo propuesto en este trabajo se seleccionaron dos sitios ambientalmente distintos, pero que utilizan el mismo modelo agrícola de producción. Si bien en casi todas las unidades productivas visitadas se rotaba entre dos o tres cultivos, la presente investigación se centró en la producción de soja, dado que es la mayoritaria en cuanto a superficie ocupada en ambas localidades. En este estudio el sistema analizado es la parcela cultivada con soja y los flujos que se estudian incluyen los ingresos de servicios de la naturaleza y de aquellos externos requeridos para la producción, mientras que las salidas del sistema son las cosechas, los desechos y las pérdidas de calor.

Objetivos Particulares

- Evaluar la cantidad de materiales requerida para la producción de soja
- Evaluar el aporte del medio ambiente al sistema productivo a partir de índices emergéticos
- Estudiar el aporte de energía comercial al sistema productivo
- Contabilizar las emisiones generadas por el proceso de producción de soja

La **Hipótesis de Trabajo** que guía esta tesis es que, debido a sus diferencias ambientales, y al presentar Charata condiciones de mayor "fragilidad" que Rojas, se espera que el impacto de la actividad agroproductiva sea mayor en la ciudad chaqueña. A partir de ella se derivan las siguientes **Predicciones**:

- El flujo de materiales, la emergía total y la cantidad de energía comercial utilizada será mayor en Charata que en Rojas. Esto se debería a una mayor utilización de insumos para suplir las limitaciones ambientales.
- En caso de verificarse esta predicción es posible que las emisiones también sean mayores en la ciudad chaqueña.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Esta investigación se realizó a escala local, por lo tanto se hizo trabajo de campo entrevistando a algunos productores, con la finalidad de conocer en detalle los flujos del sistema. Se utilizaron encuestas semi estructuradas, las cuales consistían en primer lugar en la obtención de todas las entradas al sistema productivo tales como insumos, trabajo, etc., y posteriormente se preguntaba al entrevistado cuáles eran en su opinión los principales problemas a los que debía enfrentarse para llevar adelante la producción de soja (ver planilla utilizada en Anexo 4).

En Rojas se contactaron 4 agricultores y en Charata 3, debido a la dificultad para conseguir propietarios dispuestos a brindar información sobre sus producciones. En los casos en que ciertos datos no eran provistos por ellos, se buscó en bibliografía aquellas investigaciones sobre cultivos de soja y un modelo agrícola similar, como es el caso de Brasil (Cavalett, 2008; Franzese et al., 2013). Se promediaron los datos de cada localidad para realizar los cálculos y todos los detalles de los mismos se encuentran en los Anexos 1 y 2.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

2.2 LCA: Análisis de Ciclo de Vida (Life Cycle Assessment)

La historia de cada producto que las personas utilizan o consumen se denomina Ciclo de Vida y su estudio, llamado Análisis de Ciclo de Vida (o LCA por sus siglas en inglés: Life Cycle Assessment), es una herramienta muy importante para el manejo ecológico. Podemos presentar incontables ejemplos sobre la importancia de analizar los procesos que generan bienes o servicios, como los impactos y consecuencias de las industrias que requieren agua, la minería para extraer los minerales, la explotación de bosques para madera, etc, los cuales pueden afectar el entorno desde el suministro (disminuyendo el nivel de napas subterráneas, aumentando la erosión del suelo, disminuyendo la biodiversidad, etc.) y también inevitablemente desde el lado de la liberación de desechos (contaminación de cuerpos de agua, emisiones gaseosas, desertificación de tierras, etc.).

Pueden trazarse los caminos internacionales que siguen las diversas entradas o materias primas, y así descubrir los impactos ambientales asociados. En resumen, un Análisis del Ciclo de Vida es una manera de examinar el impacto ambiental total de un producto o servicio, a lo largo de todas las etapas por las que atraviesa. Se consideran todas las entradas y las salidas del sistema hasta la disposición de residuos o su reciclado. Es un método de análisis que contribuye a entender cómo un producto o proceso afectan al medio ambiente, incluyendo a los seres humanos.

El término LCA fue acuñado en 1990 por la SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry), y la definición es la siguiente: "Life Cycle Assessment es un proceso para evaluar los impactos ambientales asociados con un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando los usos de energía y materiales, y la liberación de desechos al ambiente; para analizar el impacto de dicha energía y materiales utilizados y liberados al ambiente; y para identificar y evaluar oportunidades para generar mejoras ambientales. El análisis incluye el ciclo de vida completo del producto, proceso o actividad, extracción y procesamiento de materias primas, manufactura, distribución, uso, re-uso, mantenimiento y deposición final; y todo el transporte involucrado. El LCA analiza impactos

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

ambientales de los sistemas bajo estudio en áreas de reducción de sistemas ecológicos, salud humana y recursos" (SMILE Project, 2009).

Según Ulgiati et al. (2006) todos los métodos de evaluación de impacto pueden ser divididos en dos categorías: aquellos que se enfocan en la cantidad de recursos utilizados por unidad de producto (llamados métodos **"upstream"**) y aquellos que analizan las consecuencias de las emisiones del sistema (métodos **"downstream"**). Los primeros aportan importante información sobre los costos ambientales ocultos, mientras que los segundos en general se relacionan con impactos percibidos más inmediatamente en el ecosistema local, y pueden revelar grandes diferencias entre sistemas con un desarrollo upstream similar.

Como plantean estos autores, debemos ser conscientes de que nunca un único método puede ser suficiente para proveer información exhaustiva en un estudio de impacto ambiental, y los LCA's con un único enfoque terminan proveyendo información parcial e incluso a veces contraproducente. Por lo tanto, un LCA completo debería aplicar cuidadosamente una selección de métodos de evaluación representando tanto los enfoques upstream como los downstream.

Las diferentes etapas de un ciclo de vida son: obtención de materias primas, manufactura, uso/reuso/mantenimiento, y reciclado/deposición de residuos. Para cada una de ellas el sistema requiere ingresos de materia y energía. La materia en su gran mayoría proviene de la minería, mientras que las fuentes de energía pueden ser renovables o no renovables, pero siempre se consideran únicamente aquellas que tienen un costo monetario y no las gratuitas como la solar. Del sistema salen "outputs", los cuales pueden ser: emisiones atmosféricas, residuos líquidos, residuos sólidos, productos y co-productos (son aquellos productos que se obtienen del proceso, pero no son los principales; tienen un valor y pueden utilizarse directamente, sin requerir ningún proceso). La definición ISO 14040 del LCA dice: "Es un conjunto sistemático de procedimientos para compilar y examinar las entradas y salidas de materiales y energía y los impactos ambientales asociados, directamente atribuibles al funcionamiento de un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida".

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Un LCA consta de tres pasos principales:

1) Confección de un INVENTARIO de entradas y salidas relevantes. El inventario es una lista que cuantifica la energía y las materias primas usadas, además de las emisiones asociadas a un producto, proceso o actividad. Es un paso muy importante y obligatorio para el análisis.

2) EVALUACIÓN de los potenciales impactos ambientales asociados con dichas entradas y salidas. Luego de confeccionar la lista, se analizan los impactos de los flujos identificados en el inventario. Estos flujos se multiplican por diversos factores, lo cual provee información sobre daño potencial.

3) INTERPRETACIÓN de los resultados del inventario y las fases de impacto en relación a los objetivos del estudio. En esta etapa se identifican las oportunidades de reducir los impactos ambientales identificados en el paso 2), a través de la modificación del inventario.

Para confeccionar el inventario es necesario tener en cuenta algunos puntos:

- Definir la propuesta u objetivo de la investigación
- Definir los límites del sistema
- Definir el alcance geográfico
- Aclarar los tipos de datos utilizados
- Recolección de datos y procedimientos de síntesis
- Calidad de los datos medidos
- Construcción de modelos computacionales (procesan los datos y crean indicadores)
- Presentación de resultados

Es importante tener en cuenta que usar el LCA para comparar dos productos distintos es como comparar manzanas y naranjas. Por ejemplo, si queremos determinar qué es peor, un producto que contamina el aire porque consume energía a partir de una planta que quema carbón o uno que destruye ecosistemas porque consume energía a

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

partir de enormes represas hidroeléctricas, nos enfrentamos con la simple respuesta de que ambos tipos de poluciones deben ser minimizadas. Por lo tanto, el LCA es inútil para comparar productos pero es útil dentro de los procesos para identificar dónde disminuir el daño (Ulgiati et al., 2006).

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

2.3 SUMMA

Dentro del marco analítico del LCA, el método que se aplicará en el presente trabajo será el SUMMA (Sustainability Multicriteria Multiscale Assessment) desarrollado por Ulgiati et al (2006).

El principal objetivo del método SUMMA es superar las limitaciones inherentes a todos los enfoques de criterio único, los cuales originan resultados parciales y frecuentemente erróneos. De acuerdo a este enfoque, el sistema analizado puede considerarse como una "caja negra" (**Figura 1**), pudiendo verse, rastreando los diferentes flujos de materia y energía entrando y saliendo, el requerimiento total de servicios ambientales del lado de entrada y la carga ambiental relacionada a la salida. Los autores eligieron emplear una selección de métodos "upstream" (relacionados con la cantidad de recursos utilizados por unidad de producto) y "downstream" (tienen que ver con las consecuencias de las emisiones del sistema). Estos métodos son utilizados para una evaluación ambiental dentro del marco del LCA, y permite el cálculo de eficiencia consistente en el uso de recursos e indicadores ambientales (DECOIN Project, 2007).

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

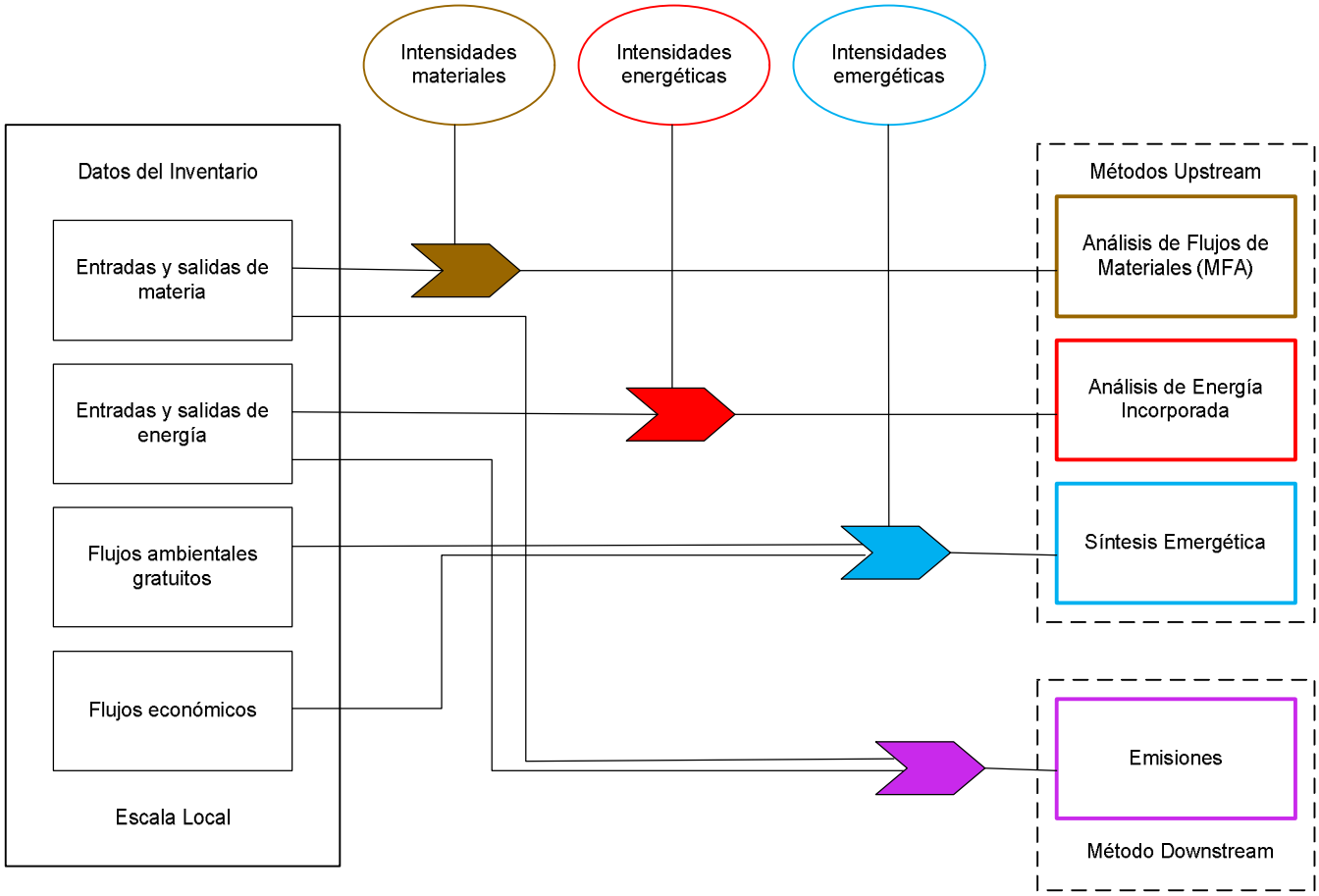


Figura 2: SUMMA – Sustainability Multimethod Multiscale Assessment. Modificado a partir de Zucaro et al., 2011.

El inventario debe confeccionarse de la manera más cuidadosa posible, ya que el mismo constituye la base común para todos los subsiguientes análisis de impacto, los cuales se efectúan en paralelo para asegurar una consistencia máxima entre los datos de entrada y los supuestos utilizados. Cada método individual de evaluación se aplica de acuerdo a su propio conjunto de reglas. Por lo tanto, los indicadores de impacto calculados son interpretados dentro de un marco comparativo, lo cual permite obtener una imagen amplia sobre la cual hacer conclusiones.

En resumen, SUMMA es un método de análisis de impacto ambiental dentro del marco de un LCA. Está conformado a su vez por varios métodos que, a pesar de tener cada uno sus propias reglas, son utilizados de manera conjunta para obtener una visión más amplia del sistema en estudio, ya que un único indicador provee información insuficiente para este tipo de análisis.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Los autores del método SUMMA plantean que la selección de los métodos no se hizo para combinar los resultados en un único "super indicador", ya que la idea fundamental es que indicadores separados proveen un perfil ambiental mucho más exhaustivo, y la interpretación del mismo está en manos del analista.

El valor agregado del enfoque SUMMA consiste en:

a) El uso del mismo inventario y supuestos como bases comunes para todos los métodos de evaluación de impacto empleados

b) La posibilidad de cruzar los resultados de cada método

Los autores también sostienen que la búsqueda de integración, la cual es cada vez más popular en la comunidad científica, no debería entenderse como una reducción u ocultamiento de la información disponible, sino que debería permitir una creciente conciencia de la riqueza provista por la diversidad de indicadores de impacto calculados, incluso cuando los resultados parecen difíciles de reconciliar (Ulgiati, 2006).

El marco metodológico propuesto se utiliza con la finalidad de obtener un conjunto de herramientas de evaluación integrada. Para esto, los principales pasos a seguir son:

- Identificación de los problemas
- Identificación e interacción con participantes (encuestas de tipo semi estructurado, entrevistas en profundidad, etc.)
- Identificación de los límites del sistema y confección de diagrama de interacciones dentro de él (componentes, niveles, interacciones, flujos de entrada y salida)
- Colecta de datos
- Organización y clasificación de datos (sectores, niveles, categorías, atributos)
- Procesamiento de datos y cálculo de indicadores
- Monitoreo de cambios a lo largo del tiempo
- Discusión de los resultados (significado de los indicadores)
- Temas políticos: limitaciones, interrelaciones, impactos, alternativas, propuestas, sustentabilidad. (DECOIN Project, 2008)

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

En SUMMA el procedimiento de cálculo está basado en una planilla de cálculo utilizada para analizar las entradas al sistema de la siguiente manera:

1. Hoja de procedimiento de cálculo (User's Interface): en ella están listados todos los datos de entrada que sostienen al sistema, y es la única hoja que puede ser modificada y actualizada por el usuario.

2. Hoja de Masa: son evaluados los flujos de masa y los correspondientes indicadores

3. Hoja de Energía: se evalúan los flujos de energía y los indicadores correspondientes

4. Hoja de Emergía: donde son reportados todos los datos de entrada de emergía y los indicadores correspondientes

5. Tabla de resultados y diagramas obtenidos (DECOIN Project, 2009)

De los métodos propuestos por los autores, para la presente investigación se seleccionaron los siguientes:

2.3.1 MÉTODOS UPSTREAM

2.3.1.1 Material Flow Accounting (MFA)

Como señalamos al principio de este capítulo, cada movimiento o flujo de materiales, cada traspaso de materia de un lugar a otro, tendrá un impacto sobre los ecosistemas, no sólo a nivel local en los lugares de donde se extrae la materia prima, sino también a nivel de la biosfera. No es posible predecir la calidad, la intensidad, el lugar o la extensión temporal de los cambios originados (Schmidt-Bleek, 1993).

Metabolismo socio económico

El Metabolismo socio económico es el marco teórico que explica la relación física entre sociedad y naturaleza (Fischer-Kowalski, 1998), es decir, es un concepto aplicado a investigar las relaciones entre sistemas sociales y naturales. El concepto biológico de metabolismo, proceso por el cual un organismo almacena energía (anabolismo) y la consume (catabolismo) para llevar a cabo sus funciones vitales, puede aplicarse también a los sistemas sociales, los cuales necesitan extraer materia y energía del ambiente que los

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

rodea para subsistir, y generan desechos que son devueltos a dicho ambiente. El metabolismo socio económico genera presión sobre el ambiente y comprende la extracción de materiales y energía, su transformación a través de los procesos de producción, consumo y transporte, y su eventual liberación al ambiente.

Es oportuno mencionar en este punto la diferencia que existe entre consumo endosomático y exosomático, uno de los conceptos más importantes de la economía ecológica y de la ecología humana (Martínez Alier, 2005). El consumo endosomático se refiere a las demandas metabólicas de la especie humana, y es muy similar para cada uno de nosotros. Es el consumo destinado a satisfacer las necesidades básicas, y su valor ronda los 10 MJ por persona por día. El consumo exosomático, en cambio, se relaciona con la satisfacción de requerimientos extracorporales (transporte, vestimenta, bienes superfluos); es decir, según Martínez Alier (2005) es el uso de energía en los artefactos e instrumentos que la humanidad ha ido inventando. Es en relación a este consumo que se dan las grandes diferencias entre sociedades y países ya que, como plantea este autor, el uso medio de energía en los países europeos ricos por persona y año alcanza los 200 GJ. De ahí los conflictos ambientales entre quienes usan mucha energía y quienes usan menos y sin embargo disponen de recursos energéticos. También, dado que los combustibles fósiles son la principal fuente del uso exosomático de energía, surgen los conflictos sobre la utilización de los sumideros de carbono y de la atmósfera como un depósito temporal de carbono (Martínez Alier, 2005).

Veamos un ejemplo de Schmidt-Bleek (1993) que ilustra la importancia de la carga de materiales que está relacionada a cierto producto, en este caso, el jugo de naranja envasado que se consume en Europa:

"El 80% del jugo de naranjas que beben los europeos proviene de Brasil, la mayoría de los alrededores de San Pablo. Después de la cosecha de naranjas, el jugo es concentrado, congelado y transportado 12.000 km hasta Europa, casi un tercio de la circunferencia de la Tierra. ¿Cuánto material se ha translocado antes de que un vaso de jugo de naranja llegue a la mesa del desayuno? Resulta que cada kilogramo de jugo de naranja, o cada litro, requiere 25 kg de "medio ambiente"".

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Otro ejemplo del mismo autor se refiere a los materiales utilizados para hacer papel. Tomando en cuenta todos los materiales necesarios para su producción (árboles, agua, muchos químicos y una cierta cantidad de papel reciclado) se obtuvo que una tonelada de papel o cartulina en Europa requiere 100 toneladas de materia, de los cuales 65 son de agua, 30 de aire y 3 de madera y químicos auxiliares.

El método llamado Análisis de Flujos de Materiales o MFA por sus siglas en inglés (Schmidt-Bleek, 1993; Hinterberger F. and Stiller H., 1998; Hinterberger, et al., 2003) apunta a la evaluación de los disturbios ambientales asociados con la extracción o la desviación de flujos de materia de sus caminos ecosistémicos naturales. En este método, los Factores de Intensidad de Materiales (MIF por sus siglas en inglés) obtenidos de tablas disponibles en diversos trabajos publicados, son multiplicados por cada entrada al sistema, calculándolos respectivamente para la cantidad total de materia abiótica, agua, aire y materia biótica que son requeridos directa o indirectamente para proveer cada una de las entradas al sistema (Ascione, et al., 2008). Las demandas de materia de las entradas individuales son entonces sumadas en cada columna (materia biótica y abiótica, agua y aire) y son multiplicadas por cada una de las salidas del sistema como una medida cuantitativa de la carga ambiental de esa columna (generalmente llamada "mochila ecológica") (Franzese et al., 2013). Es importante aclarar que los flujos de energía no son contabilizados en kilowatts-hora, sino que se tiene en cuenta la cantidad de materia desplazada para obtener dicha energía.

Un valor de MIF alto indica que el producto o servicio analizado tiene una alta "intensidad material" es decir, grandes cantidades de materiales debieron ser movidas para generarlo.

Este método puede ser utilizado como una medida directa de la explotación de recursos naturales (excavación de suelos, extracción de agua, degradación de material biótico, etc.) y, desde el punto de vista del principio precautorio, como una medida indirecta del impacto ambiental (estrés ecosistémico, alteraciones del clima local, pérdida de biodiversidad, etc.).

El MFA basado en el metabolismo socio económico no tiene en cuenta:

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

a) Flujos sin materia asociada (por ej. Radiación solar)

b) Flujos ambientales gratuitos (por ej. Lluvia) que no están desviados de su camino natural

c) El trabajo pasado y presente hecho por la naturaleza para generar los recursos (factor "tiempo")

d) Trabajo y servicios (factor "humano")

e) Información y biodiversidad (factor "conocimiento")

f) Las diferentes propiedades de los flujos de materia (factor "de calidad")

Como se planteó al inicio de este Capítulo, uno de los objetivos particulares es evaluar qué cantidad de materiales requiere la producción de soja, teniendo en cuenta cada una de las entradas de materiales al proceso. Como datos finales, además de la cantidad total de materiales utilizados por cada kilogramo de grano producido, también se obtienen las cantidades de cada una de las entradas al sistema, tales como fertilizantes, pesticidas, combustibles fósiles, etc., lo cual permite entender en qué parte del proceso se encuentra la mayor demanda de "ambiente".

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

2.3.1.2 Síntesis Emergética

Antes de realizar una descripción del método de Síntesis Emergética es conveniente comenzar con algunas definiciones de los conceptos utilizados.

Emergía y Transformidad

El ecólogo H. T. Odum fue quien acuñó el término **EMERGÍA** a partir de sus trabajos en energética de sistemas. Él observaba que en procesos de autoorganización de sistemas complejos como lo es un ecosistema, de acuerdo a la segunda ley de la termodinámica, a medida que se pasa al siguiente nivel jerárquico la energía necesaria es cada vez mayor a medida que aumenta la complejidad. Es decir, la energía se concentra conforme se avanza en niveles de autoorganización. Esto implica que 1 Joule de energía solar, 1 Joule de carbón y 1 Joule de electricidad, aunque representan la misma ***cantidad*** de energía no significan la misma ***calidad*** de energía en cuanto a la capacidad potencial que tienen para generar trabajo. De esto se desprende que existe una jerarquía de energías según su calidad. (Lomas et al., 2007). De esta manera, y con el objetivo de tener en cuenta los distintos tipos de energía que intervienen en los procesos físicos, Odum definió el término EMERGÍA como la "energía disponible de un tipo que previamente fue utilizada directa o indirectamente para generar un producto o servicio. Su unidad es el emjoule" (Odum, 1986, 1988; Scienceman, 1987). La emergía solar se expresa en emjoules solares (seJ). Además, el flujo de emergía por unidad de tiempo se llama "empotencia" (empower) y sus unidades son emjoules solares por unidad de tiempo (por ejemplo, seJ/s) (Ulgiati y Brown, 2009). Es decir, la emergía es una medida científica de la riqueza real en términos de la energía requerida en el trabajo de producción (Odum, 1996). En otras palabras, la emergía total que impulsa un proceso sería una medida de la actividad de autoorganización del ambiente circundante, convergiendo para hacer posible el proceso. Es una medida del trabajo ambiental necesario para proveer un dado recurso. Por ejemplo, la materia orgánica en el suelo de un bosque representa la convergencia de energía solar, lluvia y vientos impulsando los procesos del bosque a lo largo de muchos años y que ha resultado en capas sobre capas de detritos que se descomponen muy lentamente formando un

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

depósito de materia orgánica en el suelo. Esto representa parte del trabajo pasado y presente del ecosistema, que fue necesario para que hoy esté disponible.

Otro concepto muy importante utilizado en los análisis emergéticos es la **transformidad.** Ésta se define como la emergía solar requerida para generar una unidad de flujo o depósito de energía disponible. Se expresa como emjoules solares por joule de flujo de salida (seJ/J). Se asume por convención que la transformidad de la radiación solar es igual a 1 seJ/J. Las transformidades de los flujos naturales en la biósfera, tales como viento, lluvia, ciclos geológicos, etc. se calculan como la relación entre la emergía total de la biósfera como un todo y la energía del flujo que se está analizando. La emergía total de la biósfera es la suma de la radiación solar, el calor geológico y el impulso de las mareas, y es aproximadamente 15,83E+24 seJ/año (Campbell, et al., 2005). Esta emergía total se utiliza como la fuerza motriz de todos los principales procesos a escala de la biosfera (vientos, lluvias, corrientes oceánicas y ciclos geológicos), ya que estos procesos y los productos de los mismos están acoplados y no puede generarse uno sin los otros. En el Capítulo 4 puede verse que en las tablas correspondientes al método de Síntesis Emergética el valor de base 15,83E+24 seJ/año aparece como "Global Baseline".

Organización jerárquica de los ecosistemas

En general, en ecología se tiene en cuenta la organización jerárquica como un grupo de procesos dispuestos en orden de rango o clase en los cuales la naturaleza de la función en cada nivel superior se hace cada vez más abarcadora que en el nivel inferior. Por lo tanto, a menudo hablamos de cadenas alimentarias como una organización jerárquica. La mayoría, si no todos los sistemas, forman una serie jerárquica de transformación energética, donde la escala de espacio y tiempo aumenta a lo largo de la serie de transformaciones energéticas. La energía converge de procesos de orden inferior hacia los de orden superior, y en cada etapa de transformación mucha energía pierde su disponibilidad (una consecuencia de la segunda Ley de la termodinámica), mientras que sólo una pequeña cantidad pasa al nivel siguiente. Además, algo de energía es retroalimentada, reforzando los flujos hacia los niveles altos de la jerarquía (**Figura 2**).

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Puede observarse en la figura que el sistema está organizado en niveles jerárquicos, pero que a su vez, dentro de cada nivel ocurren procesos paralelos. Esto lleva a diferenciar dos tipos de "calidad": a) calidad paralela y b) calidad cruzada. En a) la calidad se refiere a la eficiencia de un proceso que produce un flujo de materia o energía dentro de un mismo nivel jerárquico. Es decir, se comparan las unidades dentro del mismo nivel. Cualquier producto ecológico depende de diferentes condiciones (suelo, lluvias, sol, etc.) por lo tanto los procesos individuales poseen su propia eficiencia, y como resultado, distinta transformidad. Es decir, en este caso la transformidad se refiere a la emergía requerida para hacer un producto bajo diferentes condiciones y procesos.

La segunda definición de calidad, la "calidad cruzada", se relaciona con la organización jerárquica del sistema. En este caso, la transformidad se utiliza para comparar componentes de salida de diferentes niveles de la jerarquía, contabilizando la convergencia de emergía a niveles más altos. En estos se requiere una gran convergencia de ingresos al sistema para sostener el componente (ej, gran cantidad de pasto se necesita para mantener a un herbívoro, muchos kg de herbívoro para mantener a un carnívoro, etc). Además, una alta retroalimentación y habilidad de control caracterizan a los componentes de los niveles más altos, por lo tanto una alta transformidad está relacionada con una alta habilidad de control en los niveles bajos. Alta transformidad, ya que equivale a un nivel más alto en la jerarquía, a menudo significa una mayor flexibilidad y está acompañada de un mayor efecto espacial y temporal (Ulgiati y Brown, 2009).

Los conceptos de jerarquía energética pueden ser visualizados con diagramas de sistemas energéticos. En estas representaciones gráficas el flujo emergético es constante y se conserva a través de las transformaciones. La energía disponible disminuye con cada paso de transformación, pero la transformidad aumenta.

Abordaje Sistémico y Lenguaje de Sistemas

Los ecosistemas se auto-organizan y autorregulan, poseen una organización jerárquica y son termodinámicamente abiertos (Campbell, et al., 2005; Pulselli, et al, 2011, Brown, et al., 2001). Esto significa que intercambian materia y energía con su entorno, lo

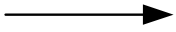
An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

cual se refleja en una gran cantidad de flujos que circulan continuamente dentro y a través del sistema. De esta variedad de flujos se eligen aquellos que resulten relevantes para el análisis y los objetivos planteados, y pueden representarse esquemáticamente por medio de un diagrama de flujos, utilizando el lenguaje sistémico desarrollado por Odum (1986, 1988, 1996, 2000). La confección de un diagrama es un paso previo indispensable para la metodología emergética, y es muy importante definir los límites del sistema, ya que de esta manera se establece qué entra y qué sale del mismo, además de las circulaciones internas.

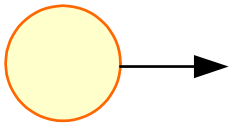
Los patrones y procesos en cualquier escala pueden ser representados por diagramas que muestren las partes principales y las conexiones a través de las cuales se producen las interacciones entre sus componentes. Estas figuras de estructura y función se denominan diagramas de sistemas. Obviamente, es imposible realizar diagramas que representen la totalidad de interacciones que se producen en el universo, pero podemos concentrar nuestra atención en una "ventana" en determinada escala de tiempo y espacio (Odum, 1996).

Como cualquier lenguaje, el de sistemas posee símbolos que representan las distintas partes que conforman el sistema estudiado. Los símbolos utilizados aquí son:

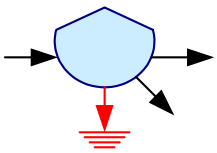
Flecha Energética: Flujo de energía o materiales.



Fuente de Energía: Fuente externa de energía utilizada por el ecosistema

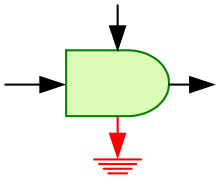


Depósito: Compartimiento donde se almacena energía o un recurso

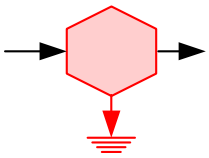


An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

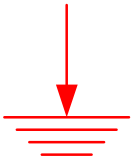
Productor: Unidad que transforma energía de baja calidad en biomasa



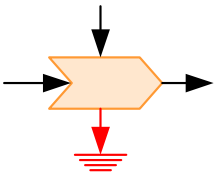
Consumidor: Unidad que utiliza la biomasa fabricada por los productores o por otros consumidores



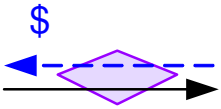
Sumidero de energía degradada: Energía dispersada en forma de calor por un proceso y que ya no puede volver a ser utilizada



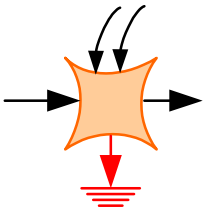
Interacción: Proceso que combina diferentes tipos de energías y materiales para producir una acción o un recurso diferente



Transacción: Indica la venta de bienes o servicios (línea llena) a cambio de un pago en dinero (línea punteada)



Interruptor: Dispositivo que dispara un proceso que estaba inactivo. Este proceso puede ser largo o corto, se puede iniciar y terminar en cierto tiempo, como un incendio, la polinización de las flores o la apertura de yemas foliares



An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Caja: Símbolo para definir los límites de un sistema o subsistema

Fuente: Ortega et al., 2008 y Odum, 1971a, b; 1983

Método de Síntesis Emergética

Este método toma en cuenta todas las entradas ambientalmente gratuitas (sol, viento, lluvia, etc.) así como también el soporte ambiental indirecto acumulado en trabajo humano y servicios, los cuales no son normalmente incluidos en otros análisis. Además, el cálculo se extiende hacia atrás en el tiempo con el objetivo de incluir el trabajo ambiental necesario para la formación de recursos. Provee una estimación cuantitativa de todos los servicios ambientales, los renovables y no renovables, que son desviados de sus caminos naturales por el proceso estudiado, y en consecuencia ya no pueden proveer sus funciones ecosistémicas naturales. Usando la emergía, se pueden poner sobre una base común la luz solar, los combustibles, la electricidad, y los servicios humanos, expresándolos en emjoules de energía solar que cada uno de ellos requiere para ser producidos.

Ya mencionamos que este indicador funciona como una medida de la intensidad del soporte provisto por la biósfera para el proceso bajo estudio. Asimismo, la emergía específica o transformidad de una salida del sistema se calcula como la suma de la emergía total incorporada en las entradas necesarias para el sistema, dividida por la masa de salida. Los requerimientos emergéticos totales así calculados pueden ser interpretados como una medida de la apropiación total de los servicios ambientales por la actividad humana analizada. Una ventaja del análisis emergético es que en lugar de utilizar los valores monetarios de los productos y/o servicios, se ocupa de contabilizar la energía aportada por el ambiente para generarlos.

Según Brown y Ulgiati (2004) el método de Síntesis Emergética es capaz de:

a) Investigar sistemas que están fuera de las actividades humanas, tales como ecosistemas o procesos globales de la biosfera.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

b) Enfocar en el papel del medio ambiente como soporte de los procesos dominados por el hombre, tanto desde la oferta de recursos como desde los desechos (absorción o dilución de los contaminantes).

c) Expandir la escala de tiempo de la evaluación para incluir la memoria de los flujos de recursos que convergen en el sistema.

d) La transformidad cuantifica la renovabilidad de los recursos de una manera continua, con valores altos correspondientes a una alta convergencia de trabajo ambiental y, por lo tanto, menor renovabilidad.

e) Evaluar de una manera cuantitativa la calidad de aquellos recursos que no tienen mercado, tales como agua potable, biodiversidad, suelo fértil, etc., y que no pueden ser evaluados en términos monetarios (Brown y Ulgiati, 2004)

Una vez que las transformidades se conocen para cada ítem, la emergía total puede expresarse como

Emergía = energía disponible de un item X transformidad

Como se dijo anteriormente, la transformidad es una medida de la cantidad de flujos energéticos que se concentraron para proveer un cierto resultado, por lo tanto es también una medida indirecta de la renovabilidad del producto final. Esto es porque cuanta más energía se ha concentrado para producir un recurso, mayor será el tiempo para reemplazarlo y mayor su transformidad. Además, la transformidad es una medida indirecta de cuánta actividad del ambiente, directa e indirecta, fue requerida para producir un determinado recurso. En consecuencia, cuanto mayor es la transformidad o energía de un recurso, mayor ha sido la actividad ambiental necesaria para producirlo. Por lo tanto, la transformidad es un indicador de las contribuciones ambientales pasadas para un dado recurso y la futura carga sobre los sistemas ambientales que resultarán de su uso.

Índices

Algunos de los principales índices obtenidos a partir de la Síntesis Emergética son presentados en la **Tabla 1**:

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

ÍNDICE	FÓRMULA	UNIDADES	DESCRIPCIÓN
Flujo de emergía renovable local	R	seJ/año	Entrada de emergía renovable al sistema
Flujo de emergía no renovable local	N	seJ/año	Entrada de emergía no renovable al sistema desde fuentes internas al mismo
Flujo de emergía importado	F	seJ/año	Entrada de emergía desde fuentes externas (generalmente con un intercambio monetario)
Trabajo y servicios de la economía humana	T&S	seJ/año	Entrada de emergía al sistema basada en los costos monetarios de trabajo y servicios
Costo emergético de producción (U)	R+N+F+ T&S	seJ/año	Costo en emergía de la producción del sistema
Fracción renovable de la emergía usada (%R)	R/U	-	Qué porción de la emergía total que ingresa es renovable
Índice de apropiación y explotación de emergía (EYR)	U/F+ T&S	-	Mide la contribución potencial de un proceso al conjunto del sistema debida a la explotación de recursos locales
Índice de inversión de emergía (EIR)	(F+ T&S)/(R+N)	-	Relaciona fuentes externas al sistema y fuentes internas al mismo. Mide la eficacia en el uso de la energía invertida en un proceso
Índice de carga ambiental (ELR)	(N+F+ T&S)/R	-	Índice de stress ambiental debido a una producción. Indica la presión de un proceso de transformación sobre el medio ambiente.
Empower Density (ED)	U/área	-	Mide la cantidad de emergía por unidad de área en cierto tiempo.

Tabla 1: Índices empleados para el cálculo emergético de la producción de soja. Fuente: Elaboración en base a Lomas, et al., 2007.

Las primeras tres filas corresponden a los diversos flujos que entran al sistema (renovables, no renovables y comprados o provenientes del sistema económico). Luego, el costo emergético de la producción (U) es la suma de los tres flujos anteriores y el trabajo y servicios aportados por la economía.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

El índice de apropiación y explotación de emergía (**EYR=Emergy Yield Ratio**) mide la capacidad de un proceso para explotar los recursos locales invirtiendo recursos externos. Es decir, a mayor valor de EYR, más capacidad del proceso de obtener recursos de la naturaleza por unidad de inversión económica. El valor más bajo que puede presentar este índice es 1, lo cual indicaría que la emergía que se genera es la misma que lo que se invierte desde fuera del sistema (Franzese et al, 2013).

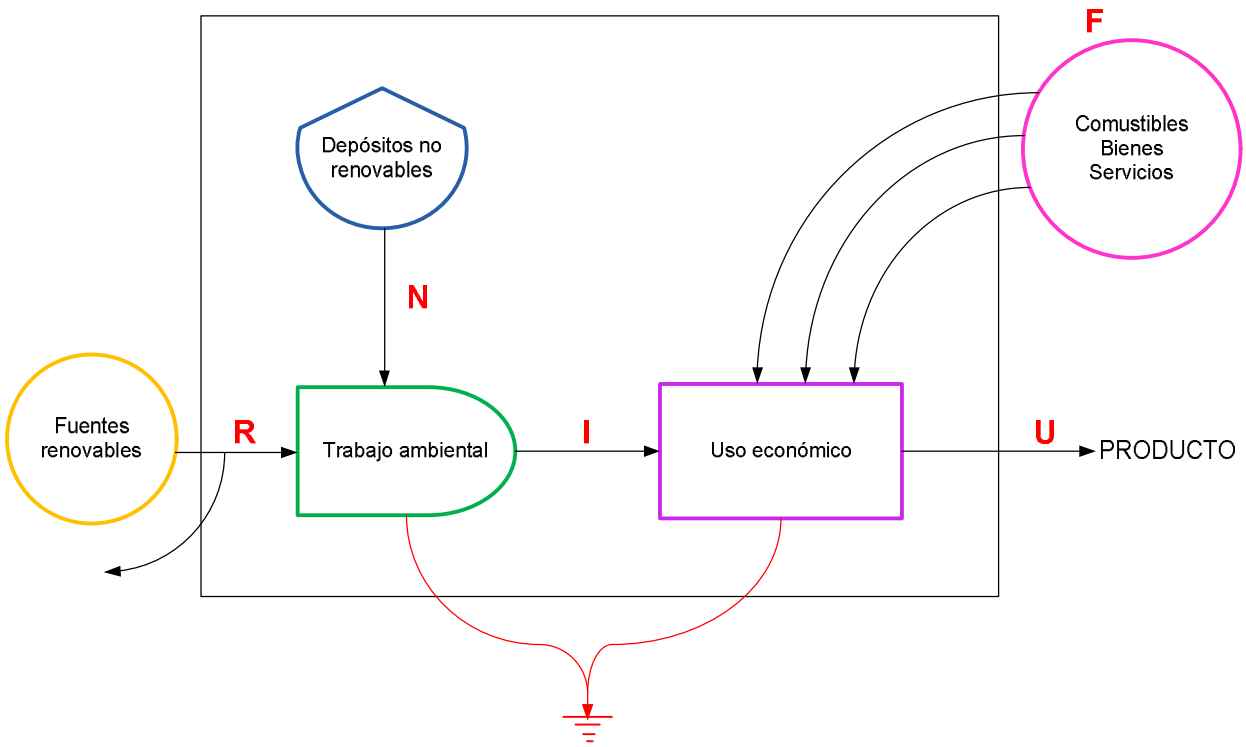


Figura 3: Diagrama de Flujos (Adaptado de Ulgiati et. al, 1995)

En el diagrama de la **Figura 3** puede verse que **I** es la fuente emergética que ingresa al sistema económico, y puede calcularse como la suma de la porción renovable **(R)** y la no renovable **(N)**. Esa fuente I es transformada dentro del sistema económico usando ciertas entradas emergéticas de otras fuentes, que provienen de la economía **(F)**. Si se suman I y F se obtiene el rendimiento emergético **U**. La emergía neta es la diferencia entre la inversión F y el rendimiento U. Estas relaciones pueden expresarse a partir de la siguiente ecuación:

U = R + N + F

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Debe señalarse una diferencia importante en relación a la escala temporal de los recursos renovables y los no renovables. Los primeros representan entradas actuales al sistema, los cuales son formados continuamente, mientras al mismo tiempo son utilizados (por ejemplo, luz solar). Por otro lado, la emergía en N y F fue usada en el pasado, y por eso representan la emergía que se necesitó a durante un largo período de tiempo para generar dichos recursos. Todas estas entradas son consideradas como una medida del costo emergético de producción de la salida, ya que todas han sido utilizadas a lo largo del proceso (Ulgiati et al., 1995).

El índice de carga ambiental (**ELR= Environmental Loading Ratio**) se utiliza para comparar la cantidad de emergía no renovable sumada a las fuentes externas al sistema, con la cantidad de emergía renovable local. Si no existe ningún flujo externo, ELR=0, y la emergía renovable local conduce el funcionamiento del ecosistema. En cambio, la emergía importada no renovable impulsa el desarrollo de sitios diferentes, cuya distancia al ecosistema natural puede ser indicado por el ELR. Cuanto mayor el ELR, mayor la diferencia con el proceso natural que podría haberse desarrollado localmente sin la inversión externa no renovable. De alguna manera, el ELR es una medida del disturbio a las dinámicas ambientales locales generadas por fuentes externas (Franzese et al, 2013).

La Renovabilidad **(%R)** indica qué porcentaje de los inputs a la producción de soja provienen de fuentes renovables.

El índice de inversión de emergía (**EIR= Emergy Investment Ratio**) muestra la relación entre las entradas provenientes de la economía en relación con los recursos gratuitos de la naturaleza utilizados por el sistema de producción (Franzese et al, 2013).

La densidad emergética por tiempo (**ED= Empower Density**) mide la cantidad de emergía invertida por unidad de área en cierto tiempo. En nuestro caso el área es 1 ha y el tiempo 1 año. ED sugiere que la tierra es un factor limitante del proceso, es decir, se requeriría una cierta cantidad de tierra de soporte alrededor del sistema, para que éste sea sustentable (Franzese et al., 2013).

Las transformidades correspondientes a los distintos flujos del sistema generalmente se toman de investigaciones previas, a fin de no tener que calcularlas

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

nuevamente. Si bien esto se hace para ahorrar tiempo, a veces se corre el riesgo de utilizar transformidades calculadas para situaciones muy diferentes de la estudiada, o provenientes de cálculos antiguos y desactualizados. Por lo tanto se requiere una búsqueda exhaustiva de estos valores en la bibliografía cuando no es posible calcularlos, pero a veces en los trabajos no se especifica claramente de qué manera fueron calculadas, y no siempre se sabe con certeza si se ajustan a nuestro sistema en estudio.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

2.3.1.3 Análisis de Energía Incorporada (Embodied Energy Analysis)

Como comentamos anteriormente, los materiales y la energía son fuentes indispensables para el desarrollo del metabolismo socio económico. Ya presentamos el método utilizado para analizar los flujos de materiales que atraviesan el sistema analizado (MFA) y restaría describir de qué manera se analiza la circulación de energía a través del mismo. La energía proveniente de fuentes naturales y luego transformada en una única unidad (transformidad solar) es estudiada a partir de la Síntesis Emergética descripta previamente. Pero es necesario también contabilizar la energía comercial, aquella proveniente de fuentes fósiles. Para esto se utiliza el Análisis de Energía Incorporada (Slesser, 1974; Herendeen, 1998).

Este método se refiere al requerimiento de energía bruta (directa e indirecta) del sistema analizado, teniendo en cuenta todos los suplementos energéticos comerciales utilizados. En este análisis, todas las entradas de materiales y energía se multiplican por los correspondientes factores Equivalentes de Petróleo (en g/unidad) obtenidos de bibliografía, por lo tanto el total de energía incorporada a la salida del sistema es la suma de los equivalentes de petróleo individuales de las entradas, las cuales pueden ser convertidos a unidades energéticas multiplicándolas por el valor calorífico standard de 1 g de petróleo (41860 J/g). Este indicador acumulativo es llamado "Gross Energy Requirement" o GER (requerimiento de energía bruta), y expresa el requerimiento energético comercial total para una unidad de producto, en términos de Joules equivalentes de petróleo. (Ulgiati et al., 2006; Ascione, 2008; Cavalett, 2008).

Por último, las demandas energéticas de cada entrada se sumaron para calcular el total de la demanda energética para todo el proceso. La relación entre la demanda energética total y el producto generado permite calcular la intensidad energética (demanda de energía por kg de producto). Este indicador cuantifica la contribución del proceso investigado a la disminución de recursos fósiles (Franzese et al., 2013), además de proveer percepciones útiles sobre la eficiencia energética del sistema (Cavalett, 2008).

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Aportes de los métodos upstream

Puede verse que tanto MFA como la Síntesis Emergética presentan un punto de vista a través del cual el sistema se analiza como un "embudo" donde convergen los recursos ambientales y estos son degradados. La principal diferencia entre los dos es que el primero concierne estrictamente a los recursos materiales necesarios para soportar el proceso, y por esta razón permite representar el daño ambiental inmediato causado por la extracción, transporte y procesamiento de los mismos recursos. La Síntesis Emergética, por otro lado, se ocupa de un paso previo en el tiempo y observa al proceso teniendo en cuenta que los inputs en algún momento requirieron una cantidad de energía aportada por los ciclos de la Tierra, como por ejemplo luz del sol, calor geotérmico, etc. Esto se traduce en un método más apto para evaluar la sustentabilidad del sistema a largo plazo, también tomando en cuenta la explotación de aquellos recursos energéticos que no son parte de los flujos de masa, porque no la poseen, como la luz solar, o porque ya no existen, pero fueron usados en el pasado con el fin de hacer disponible otro recurso.

Por otro lado, el Análisis de Energía Incorporada tiene una relación más directa con la lógica de mercado. Al tener en cuenta los recursos energéticos comerciales provee una indicación general de la intensidad de soporte que requiere el sistema en estudio, proveniente de las reservas de combustibles fósiles.

2.3.2 MÉTODOS DOWNSTREAM

Emisiones

Se sabe que el CO_2 es uno de los principales gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global (Zhang, et al., 2008). A partir de la Revolución Industrial se han liberado a la atmósfera cantidades cada vez mayores de este gas y todos los llamados de efecto invernadero (GEI). Los GEI incluidos en el Anexo A del Protocolo de Kioto (1998) son: el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), los hidrofluorcarbonos (HFCs), los perfluorcarbonos (PFCs) y el hexafluoruro de azufre (F_6S).

La vegetación de un determinado bioma puede funcionar como sumidero de carbono. Por esta razón es importante evaluar de qué manera las prácticas agrícolas

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

pueden alterar el secuestro de carbono, teniendo en cuenta cuál fue el ecosistema reemplazado por los cultivos (Dick, et al., 1998). Según FAO (2006) aproximadamente 16 millones de hectáreas de bosque son transformadas a otros usos cada año. Esta pérdida representa un quinto de las emisiones globales de carbono, haciendo al cambio de uso de la tierra el segundo mayor contribuyente al calentamiento global (IPCC, 2007). Esto implica que los bosques juegan un rol vital en cualquier iniciativa para combatir el cambio climático (Parker, et al., 2009).

Se analizaron las emisiones generadas por el proceso de producción de soja, evaluando la cantidad de los siguientes contaminantes: CO_2, CO, SO_2, NO_X, N_2O, PM y CH_4. Esto se hizo a partir de la conversión de la demanda energética de cada entrada al sistema en equivalentes de petróleo, y a partir de esto se analizó cuánto de cada contaminante se emitiría si esa cantidad de petróleo fuera quemada en una planta térmica (ver **Anexo 3**).

Por otra parte, cada uno de esos contaminantes fue contabilizado en relación a las siguientes variables: emisiones por unidad monetaria, emisiones por unidad de área, emisiones por unidad de materia seca, emisiones por unidad de contenido energético y emisiones por unidad de residuos (materia seca). Posteriormente ambas localidades fueron comparadas en función de estas variables intensivas.

Por último, a partir de las emisiones obtenidas de CO_2 y a partir de datos de bibliografía, se estimó la superficie de bosque que sería necesaria para absorber dicha cantidad.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

CAPÍTULO 3: Agricultura en Argentina, en Bs As y en Charata

Es conveniente definir el concepto de agroecosistema, ya que nos referiremos a él a lo largo de todo el trabajo. Un agroecosistema incluye a los cultivos y su entorno, el cual comprende agua, clima, organismos del suelo, animales y plantas que acompañan al cultivo y, sobre todo, la actividad humana (Solbrig y Morello, 1997). La estructura, función y dinámica del agroecosistema no sólo depende del ambiente natural sino también de factores sociales, económicos y culturales y, especialmente, de las interacciones del sistema con su entorno (Morello y Matteucci, 1997).

Por otra parte, previamente a estudiar la situación actual de estos sitios, es preciso realizar un recorrido por su historia productiva, a fin de comprender los procesos atravesados y los cambios que llevaron a sus respectivas realidades actuales.

3.1 Rojas, Provincia de Buenos Aires

Rojas se encuentra en la Ecorregión Pampa, Subregión Pampa Húmeda, Complejo Pampa Ondulada (Matteucci, 2012). La vegetación natural es un pastizal donde naturalmente dominan las gramíneas y graminiformes y pocas dicotiledóneas, pero esta zona presenta una larga tradición de agricultura y la vegetación nativa sólo se encontraba hasta hace poco en banquinas o debajo de los alambrados. Desde el avance de la agricultura industrial a partir del ingreso de la soja transgénica a fines de la década del 90, la continua aplicación de glifosato (el herbicida al cual es resistente la soja modificada genéticamente), ha eliminado todo vestigio de vegetación natural (Matteucci, 2012).

El clima se clasifica como subtropical húmedo, con precipitaciones todo el año (Morello y Matteucci, 1997). Las precipitaciones medias anuales varían entre 1000 y 1200 mm. En cuanto a los suelos, dominan los argiudoles con textura franco limosa (Senigagliesi, et al., 1997) y se considera que la Pampa Ondulada tiene los de mejor calidad de la Ecorregión, con un potencial natural netamente agropecuario (Matteucci, 2012), ya que fueron "fertilizados" con lluvias de cenizas volcánicas provenientes de Los Andes (Morello y Matteucci, 1997). Estas características junto a la presencia de un importante acuífero a 30 metros de profundidad constituyen a esta zona como una de las más aptas del país para la

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

producción de granos (Solbrig y Morello, 1997). Según el mapa de suelos del INTA (http://inta.gob.ar/documentos/mapa-online-cobertura-del-suelo-de-la-republica-argentina/) esta zona presenta un índice de productividad de 95, con buen drenaje y sin limitaciones

Según Brailovsky (2006) cuando los españoles llegaron a la región pampeana se encontraron con un ecosistema de altos pajonales, casi con total ausencia de árboles y pequeños animales que se escondían en cuevas. Esta ausencia de árboles se explica, según este autor, por la densidad del pajonal que sombreaba las semillas e impedía su desarrollo. Además, los campos sufrían frecuentes incendios provocados por las tormentas eléctricas y por los aborígenes, quienes lo utilizaban como herramienta para cazar, en consecuencia sólo se veía de vez en cuando algún ombú (*Phytolacca dioica*), cuyo tronco es prácticamente incombustible, o un pequeño monte de chañar (*Geoffroea decorticans)*, cuyas semillas se activan con el fuego. Los habitantes originarios de esta llanura eran cazadores y se desplazaban buscando su alimento, el cual se había transformado principalmente en el guanaco a partir de la extinción de los grandes mamíferos prehistóricos (megaterio, gliptodonte, etc.). Estos cazadores se movieron hacia los bordes de la pampa siguiendo al guanaco, y de él utilizaban la carne, huesos y cuero. El centro de la pampa recién volvió a poblarse cuando se vieron atraídos nuevamente por la multiplicación del ganado cimarrón a partir de las pocas cabezas traídas por los españoles. De esta manera, la economía indígena pasó de estar centrada en el guanaco, que era originario de los bordes de la pampa, a centrarse en vacunos y equinos, los cuales fueron introducidos y posteriormente se asilvestraron. La rapidísima reproducción del ganado tuvo que ver con la vacancia del nicho ecológico de los grandes herbívoros en la pampa, ya que sólo había algunos ciervos y guanacos que representaban poca competencia, sumado al hecho de la ausencia de grandes carniceros como depredadores. El estiércol de millones de vacas y caballos transformó el suelo y permitió el crecimiento de pastos más tiernos, los cuales fueron introducidos posteriormente para la cría de ganado en las estancias.

La primera actividad comercial de los criollos descendientes de españoles y habitantes de la región pampeana comenzó con las "vaquerías", es decir, la extracción de ganado salvaje sin apropiación de tierras. Pero este tipo de explotación duró poco menos

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

de un siglo, y ya a mediados del siglo XVIII casi todo el ganado estaba domesticado (Solbrig, 1997). En este período el costo de la mano de obra era tan alto que el precio del trigo importado era menor que el del cultivado en la Pampa (Halperín-Donghi, 1975). Esta situación favorecía la explotación pecuaria, tanto de mulas primero (para su utilización en las minas de Potosí) como de ganado vacuno después. Los cueros empiezan a cobrar importancia en las exportaciones, pasando de exportarse menos de 50 mil en la primera mitad del siglo XVII a un promedio anual de 330 mil unidades en 1795 (Giberti, 1961; Rock, 1985; citados por Solbrig, 1997). A partir de la Revolución de Mayo las provincias del litoral cobran una importancia económica que se mantiene hasta hoy, basada en la exportación de productos agropecuarios. Durante la primera mitad del siglo XIX dominan el saladero y la producción de carne salada denominada tasajo. Este alimento de calidad inferior era requerido en Brasil y Cuba para alimentar a los esclavos, pero Europa lo rechazaba, exigiendo productos de mejor calidad y a precios competitivos.

En la segunda mitad del siglo XIX ocurren dos hechos que llevarán a importantes cambios en la región: la introducción del ferrocarril y la expansión de la agricultura a gran parte de la Pampa Húmeda. Gracias a la unión de la Pampa con los puertos de Buenos Aires y Rosario por medio del tren, aumenta enormemente la exportación agrícola, sobre todo después de 1880 (Solbrig, 1997). Además en este momento se instalan los primeros frigoríficos y se envía carne congelada a Europa, pero para exportar carne se requerían animales de mejor calidad que aquellos que estaban adaptados a comer los pastos duros nativos de la región. Por esta razón los bovinos mejorados se instalan en praderas que, en la década de 1840, habían sido preparadas con mejores pastos para criar ovejas. Éstas pertenecían a la raza Merino y habían sido traídas desde Alemania por Rivadavia. Cuando disminuyen los precios internacionales de la lana el ganado vacuno comienza a desplazar al ovino hacia áreas más marginales, y este proceso de reemplazo se llamó "desmerinización" (Pizarro, 1997). Las nuevas razas bovinas requerían campos sembrados con forrajeras como alfalfa y avena, y es así que en ese momento comienzan a funcionar juntas la agricultura y la cría de ganado de alta calidad.

El sistema que aplicaban los estancieros, dueños de enormes extensiones de tierra, era arrendar parte de sus tierras a inmigrantes europeos con contratos de entre tres y

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

cinco años, con la condición de que debían devolverlas sembradas con alfalfa. En estos alfalfares los estancieros engordaban el ganado (Pizarro, 1997). De esta manera, entre 1880 y 1930 se da un ciclo de producción de trigo y carne, cuyas respectivas superficies dependieron de las oscilaciones de los precios. Según Solbrig (1997) esta alternancia tiene un efecto muy positivo sobre los suelos, ya que cuando el campo está cubierto por alfalfa (una leguminosa que fija nitrógeno) y sometido al pastoreo del ganado, recupera el contenido de materia orgánica y, por lo tanto, su fertilidad. El autor plantea que de esta forma se creó el mito de que lo suelos de la Pampa se pueden cultivar sin agregar abonos, cuando en realidad eran abonados por el mismo sistema productivo que se practicaba. Esta rotación entre ganado y agricultura también se propone como práctica para recuperar suelos degradados (Solbrig y Morello, 1997; Solbrig, 1997; Josifovich, 1997).

Con la crisis económica mundial de 1930 se observa un impacto en toda América Latina, incluyendo a la Argentina. Por eso se firma en 1932 el tratado Roca-Runciman, a partir del cual nuestro país se compromete a adquirir los productos industriales manufacturados por Inglaterra a cambio de la venta de carnes y granos. A partir de este momento comienza un proceso de división de la tierra y un cierto predominio de la agricultura en la Pampa Ondulada.

Durante las décadas de 1940 y 1950, desde el Estado se dictaron una serie de leyes y decretos dirigidos a proteger la agricultura, prorrogando la vigencia de viejos contratos, congelando arrendamientos y suspendiendo juicios de desalojo (Pizarro, 1997; Senigagliesi et al, 1997). Así, se favoreció la capitalización de arrendatarios y se generó en los propietarios de tierras la necesidad de venderlas. En consecuencia, algunos arrendatarios pudieron comprar las tierras donde trabajaban, surgiendo un sector de pequeños y medianos propietarios (Pizarro, 1997).

Alrededor de 1950 la agricultura mundial introdujo una serie de nuevas tecnologías que consistieron en la evolución e intensificación de las existentes, a partir del uso de variedades mejoradas, aplicación de fertilizantes, herbicidas y pesticidas, y riego. Estas prácticas, aunque en la Pampa Húmeda tardaron algunos años más en incorporarse, originaron un aumento importante de los rendimientos agrícolas. Este cambio se

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

denominó **Revolución Verde.** Además, las nuevas variedades de trigo con un ciclo más corto permitieron el doble cultivo y se introdujo la soja de segunda, obteniendo así dos cultivos por campaña. Este proceso de incorporación de tractores, cosechadoras y demás maquinaria, junto a la utilización de herbicidas (antes el control de malezas se realizaba en forma manual), sumado a la urbanización e industrialización, acelera el desplazamiento de mano de obra del campo a la ciudad (Pizarro, 1997). Este autor también señala la creciente importancia de los contratistas de labores y cosecha a partir de la década del 70, quienes son propietarios de la maquinaria y realizan los servicios cobrando un porcentaje de lo cosechado. Pero aclara que el origen del contratista se remonta a fines del siglo XIX, cuando ofrecía su tropilla de caballos para la trilla. Para Pizarro (1997) cuando se trabaja como contratista la responsabilidad y el riesgo son mínimos, ya que sólo se limita a brindar un servicio por el cual le paga el dueño del campo. Cuando se arrienda un campo el riesgo es mucho mayor, ya que se trabaja a porcentaje con el dueño o se abona un canon fijo, pero siempre sobre lo cosechado.

A mediados de la década del 70 comienza a observarse cierto deterioro de los suelos, tales como planchado (aparición de costras superficiales), formación de un piso de arado, desbalance en la disponibilidad de nutrientes, disminución de su capacidad de retención de agua, así como también desaparición de controles biológicos de plagas y resistencia de las malezas a herbicidas (Morello y Matteucci, 1997). El consumo de combustibles fósiles es mucho mayor y el uso de agroquímicos favorece la contaminación del ambiente y de las aguas superficiales y subterráneas (Pizarro, 1997). También en este momento el proceso de agriculturización origina la eliminación del ganado en las rotaciones de cultivos y pasturas.

Desde fines de la década del 80 se comienzan a realizar pruebas para producir bajo la modalidad de siembra directa, la cual implica sembrar un cultivo sobre los rastrojos del anterior. Solbrig y Vera (1997) señalan que la labranza mínima adoptada con la siembra directa permite mantener una importante cobertura de rastrojos en superficie, lo cual reduciría el impacto de la gota de lluvia, favoreciendo la infiltración del agua. Además de esta ventaja, el INTA (2011) señala que los beneficios de esta práctica son: protección contra la erosión y mejora en el balance de materia orgánica, entre otros. Para Baker y

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Saxton (2008) también ahorra tiempo y combustible, preserva la estructura y la fauna del suelo, para dar algunos ejemplos. Pero estos mismos autores señalan que la labranza cero también presenta desventajas, entre las cuales pueden citarse: necesidad de nueva maquinaria y de tractores más potentes, alteración de los sistemas radicales de los cultivos, que pueden ocupar menores volúmenes de suelo, cambios en las especies dominantes de malezas y uso masivo de agrotóxicos, ya que la siembra directa se respalda en la utilización de herbicidas para el control de malezas. Sumado a esto, debemos señalar una excesiva dependencia de insumos, en su gran mayoría de origen multinacional. Existen estudios realizados en el sur de Santa Fe que indican la aparición de suelos compactados en lotes bajo siembra directa continua con esquemas de monocultivo de soja, mientras que en aquellos lotes con rotación con gramíneas se observa una menor incidencia del problema (Gerster, et al., 2002).

Ya a mediados de la década de 1990 se incorpora el llamado **Modelo agrícola industrial**, término que se utiliza también como sinónimo de agricultura industrial o modelo agrícola de altos insumos. Se refiere básicamente a la producción de commodities con gran inversión de capital en semillas genéticamente modificadas (principalmente soja), maquinaria, agroquímicos (fertilizantes, pesticidas, herbicidas), importante uso de combustibles fósiles, escasa necesidad de mano de obra y con presencia de nuevos actores sociales tales como pools de siembra, contratistas, rentistas, etc. Estos pools de siembra están conformados por inversores que apuntan a la producción intensiva y en gran escala orientada a la exportación, en amplias superficies, y generalmente producen en campos alquilados. Muchas veces, cuando los pequeños propietarios no cuentan con capital suficiente para producir ellos mismos, arriendan sus campos a pools o contratistas, como solución para no desprenderse de la tierra. Esto generó la transformación de muchos productores propietarios en rentistas (Pizarro, 1997). Citando a Coscia (1997): "La agricultura tiene un hoy y un mañana. La agricultura que efectúa el arrendatario apunta al hoy, a sacar todo lo que se pueda en el corto plazo; el mañana no le pertenece, es del que vendrá, y muy probablemente no será él". Este autor señala que la concentración de la producción, junto con la intensificación de la agricultura, la alta rentabilidad en el corto plazo y la despersonalización en su gestión y conducción, puede acentuar los problemas de

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

sustentabilidad, originando un deterioro del suelo, contaminación del agua y del medio ambiente.

Los altos precios internacionales de la soja originaron que durante varias campañas se cultivase soja sobre soja, generando un esquema muy difundido de monocultivo. Esto también se vio favorecido por los contratos de alquiler de uno o dos años de los pools de siembra, los cuales tienen la visión cortoplacista de las ganancias inmediatas, sin tener en cuenta el estado en el cual se dejaba el suelo, ni los impactos sobre su fertilidad. A continuación **(Figura 4)** presentamos un cuadro donde pueden observarse los cultivos principales y sus requerimientos de nutrientes, y en el cual la soja ocupa el primer lugar:

Cultivo	N	P	K	Ca	S	B
	kg t^{-1}					
Soja	51.89	5.66	16.96	2.78	3.08	0.007
Girasol	22.67	4.71	6.27	1.09	1.62	0.022
Maíz	14.29	2.88	3.75	0.20	1.40	0.005
Trigo	19.06	3.74	3.87	0.39	1.50	0.007
Arroz	14.41	2.91	2.74	0.13	0.70	0.008
Sorgo	18.39	3.65	3.80	0.79	1.96	0.002

Figura 4: nutrientes requeridos por los principales cultivos. Fuente: Cruzate y Casas, 2012.

La degradación del suelo y la erosión hídrica originadas principalmente por el monocultivo también afectan la economía general de la región, ya que se producen fenómenos tales como inundaciones, daños en infraestructuras, viviendas, vías de comunicación, entre otros, como consecuencia de la menor infiltración de los suelos degradados y el arrastre de sedimentos (Senigagliesi, et al., 1997).

La agricultura industrial es un sistema ciencia-dependiente, con altos niveles de tecnificación y subsidios energéticos. Además, existe un umbral mínimo de capital por debajo del cual no es posible integrarse a este nuevo modelo de producción, quedando así un sector de la sociedad fuera del sistema y sin posibilidades de progreso (Morello y Matteucci, 1997b). Estos autores señalan una característica importante y es que este paquete tecnológico es importado o producido localmente por empresas transnacionales,

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

lo cual encarece dicha tecnología, dejando afuera a muchos productores pequeños, o forzándolos a utilizar sólo una parte del mismo.

3.2 Charata, Provincia del Chaco

La localidad de Charata es la cabecera del departamento Chacabuco, al SO de la provincia de Chaco. Se encuentra dentro de la Ecorregión Chaco Seco, Subregión Chaco Semiárido, Complejo Chaco Subhúmedo Central (Morello, 2012).

En el Chaco Seco el régimen pluviométrico es muy irregular: las precipitaciones mínimas se registran en invierno, mientras que en verano ocurre la evapotranspiración máxima. Los suelos de la zona son fértiles debido a su origen loessico, al igual que en la llanura pampeana. La precipitación media anual oscila entre 650 y 900 mm (Morello, 2012), y si bien este régimen de precipitaciones permite la agricultura de secano, el agua es un factor limitante y no son raros los años de sequía.

Al encontrarse la localidad de Charata en una llanura de origen fluvial y eólico, los suelos resultan aptos para la agricultura, pero si bien son Molisoles como los de la pampa, presentan un índice de productividad de entre 39 y 29, con las limitaciones principales de drenaje deficiente o erosión hídrica. En los alrededores de Charata se encuentran suelos tanto de tipo AR-6, con la primera limitación, como suelos MMoi-5, con erosión hídrica como limitación principal.

Originalmente, la vegetación esencial era el bosque alto y abierto, intercalado con sabanas que poseían parches de arbustos y bosques muy inflamables (Adamoli *et al.,* 2011). Dichos bosques abarcaban una amplia faja N-S desde el Bermejo hasta Villa Ángela, incluyendo a Charata y sus alrededores. Actualmente, el paisaje se encuentra muy antropizado, presentando una matriz de parcelas agrícolas con parches de bosques degradados (Morello, 2012). Las especies principales que conforman los bosques de la zona de estudio son dos especies de *Schinopsis:* quebracho colorado santiagueño (*S. lorentzii*) y quebracho colorado chaqueño (*S. balansae*), que conviven con el quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*). Esta convivencia de las tres especies se da

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

exclusivamente en una pequeña área en el centro y SO de la provincia del Chaco y la formación se denomina "bosque de tres quebrachos" (Morello y Adámoli, 1974). En la actualidad, estos bosques constituyen uno de los ecosistemas argentinos más afectados por la expansión agraria (Torrella, et al., 2011). Según Ginzburg, et al. (2007) en 2002 presentaban un 42% de su superficie transformada para uso agrícola. Además, este bosque no está representado en el sistema de áreas protegidas y está distribuido exclusivamente en tierras privadas (Torrella, et al., 2011).

La zona chaqueña posee una historia relacionada con las actividades productivas que fue atravesando diversas etapas, con fuertes cambios en los usos del suelo y otros recursos naturales explotados, y en consecuencia, en los impactos generados sobre el ambiente y las sociedades humanas que habitaron la región desde antes de la llegada de los colonizadores hasta la actualidad (Totino, 2011). Por esta razón es conveniente realizar un recorrido por dichas etapas, el cual se realizará tomando como base la periodización desarrollada por Morello, et al. (2007). Según estos autores, la historia de la ocupación humana del Chaco se divide en dos grandes períodos: uno de cosecha ecosistémica y otro dominantemente agrícola, ambos divididos a su vez en distintas etapas.

Del período de cosecha ecosistémica que precedió a la agricultura generalizada reconocen seis etapas, de las cuales sólo describiremos las cinco que hacen referencia a la zona de estudio:

1) Etnias locales; 2) Puestos ganaderos; 3) Durmientes y poste; 4) 1º Taninera; 5) Colonia agrícola

Por otra parte, en el periodo de agricultura generalizada reconocen cuatro etapas, de las cuales sólo tomamos las siguientes:

1) Agriculturización y 2) Sojización o pampeanización.

Período de cosecha ecosistémica:

1) Etnias locales:

Los bosques nativos de esta zona, en su estrato más alto (aprox. 12 metros), estarían conformados principalmente por 3 especies de quebracho: blanco, colorado

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

santiagueño y el colorado chaqueño. En el estrato inmediato inferior (5-6 metros) se encuentran algarrobos (varias especies de *Prosopis*), guayacán (*Caesalpinia paraguariensis*), tala (*Celtis spinosa*), chañar *(Geoffroea decorticans)* y mistol *(Zizyphus mistol).* Este estrato presenta los principales componentes del llamado "bosque nutricio". Por otra parte, el "bosque de maderas duras" presenta en su mayoría los tres tipos de quebracho, y en general el espacio del segundo estrato del bosque es colonizado por especies sombrívagas, como algunos algarrobos y el guayacán (Morello, com. pers., 2011).
En este período los pobladores originarios privilegiaron la utilización del pastizal sobre el bosque para actividades tales como cacería, asentamiento, desplazamiento y combate. La principal herramienta que utilizaban era el fuego, por medio del cual creaban hábitats en diversos estados de sucesión, movilizaban y concentraban presas, combatían, etc. (Barquez, 1997; citado por Morello, et al., 2007). Al quemar pequeñas superficies en distintos años o momentos del año creaban parches en distintos estadios sucesionales, los cuales presentaban diferentes especies vegetales y animales. Conocían perfectamente el manejo del fuego, el cual utilizaban sin viento y con rocío al amanecer, por lo que rara vez incendiaban más de unas pocas hectáreas por día.

Si bien era predominante la utilización del pastizal, es importante señalar que también tenían una necesidad de los bosques y sus frutos para su supervivencia. La penetración de las comunidades al bosque de maderas duras era esporádica y la permanencia corta, vinculada fundamentalmente con la extracción de miel de palo, leña y madera, junto a algunos frutos comestibles. Del bosque nutricio obtenían una larga lista de alimentos vegetales, además de la extracción de rizomas de plantas medicinales y para saciar la sed. Debido a la necesidad tanto del monte como del pastizal, habitaban en el deslinde de ambos, construyendo sus ranchos con totoras y ramas finas. En resumen, al bosque nutricio penetraban para el acopio de frutos y para la caza de charatas (*Ortalis canicollis*) y otros animales, mientras que del bosque de maderas duras extraían miel y leña. A esto se sumaba una enorme lista de alimentos vegetales de arbustos, subarbustos, enredaderas y suculentas.

Dado que estos primeros pobladores realizaban actividades estacionales de caza y recolección, necesitaban moverse por un amplio territorio, por lo tanto en determinadas

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

estaciones del año cambiaban su lugar de residencia para desplazarse a otros lugares donde abundaran la caza o la recolección (Sacco, 2011). Ahora bien, si relacionamos estos desplazamientos con la capacidad de transformación del ecosistema, podemos inferir que el impacto es menor que en los casos de culturas sedentarias, basadas en la agricultura. Esto se debe a que, si bien durante el período de extracción pueden originarse transformaciones importantes en el entorno, la movilidad hacia otras ubicaciones permite que los sitios explotados se recuperen tiempo después de ser abandonados. Esto es, que "cicatricen" sus claros y aumenten las poblaciones afectadas por la caza.

2) Puestos ganaderos

La etapa de los puesteros se consolida en el Chaco semiárido durante las primeras décadas del siglo XX (Morello y Adámoli, 1974). En esta etapa la población criolla se aleja de los ríos del oriente de la provincia del Chaco y comienzan a avanzar hacia el sudoeste, donde se encuentra la gran planicie o llanura chaqueña (Bruniard y Bolsi, 1988; citado por Baxendale y Buzai, 2009).

Según la definición de Morello, et al. (2007), un puesto es un asentamiento precario permanente en tierra fiscal que se ubica en el ecotono entre el bosque y el pastizal. Un cerco de ramas protege 2 a 4 ha donde se encuentra un parche de pastura natural y en una fracción se cultiva maíz. Además se encuentra la casa, aguada, corrales y un precario jardín-huerto que provee condimentos y aromáticas. Se denomina "peladar peridoméstico" (Morello y Saravia Toledo, 1959) al entorno que rodea los corrales y la aguada, el cual presenta suelo casi totalmente desnudo, con unas pocas leñosas y herbáceas no palatables. Si bien en el área de influencia de cada puesto se observa un deterioro importante en el ecosistema de quebrachal santiagueño y blanco, no llega a ocurrir un reemplazo de ambientes.

Morello et al. (2007) señalan esta etapa como el momento en que se hacen evidentes ciertos cambios profundos en la estabilidad, la dinámica y la resiliencia de los pastizales chaqueños, que se ven profundamente afectados por el pastoreo de los ungulados domésticos.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Al igual que en la etapa anterior sigue predominando la utilización del pastizal y la sabana sobre los bosques. Los puestos se ubicaron dependiendo de la dimensión del pastizal y la disponibilidad permanente de agua. Los tamaños de los peladares oscilaban entre 25 ha en puestos jóvenes y 50 ha o más en los viejos. La utilización del bosque se limitaba a raleos locales para leña y madera de construcción. Con el paso del tiempo los animales comienzan a caminar mayores distancias para encontrar alimento, sumado a la necesidad del puestero de madera que va desapareciendo de las cercanías de su casa y que debe buscar cada vez más lejos. Esto origina un aumento gradual del tamaño del peladar y del área de influencia del puesto.

3) Durmiente y poste

El cambio que ocurre en esta etapa es el valor socio económico de los algarrobos, los cuales en las etapas anteriores tenían múltiples usos, y en este período sólo se valora su madera para mueblería, molduras y esculturas. En consecuencia, a partir de 1960 las especies de *Prosopis* comienzan a ser sobreexplotadas localmente. La modalidad de explotación fue la entresaca, sistema que permitió la permanencia de una estructura remanente del bosque (Morello, et al., 2007). Los autores señalan que la única actividad productiva rural que requiere la eliminación total del ecosistema preexistente es la expansión agrícola, como veremos más adelante que ocurrió en esta zona.

Además, según Morello (2009) el primer ciclo económico que se dio en esta zona fue la explotación forestal debido a la demanda de maderas duras para durmientes de los ferrocarriles, leña para las locomotoras y vigas para la construcción. Junto a esta demanda se descubrió la posibilidad de extraer tanino de los quebrachos, por lo tanto esta etapa se superpone con la siguiente, denominada "1º taninera".

En este período la ganadería continúa siendo muy importante, por lo tanto ambas actividades entran en conflicto, debido a que las vías de extracción de los rollizos se transformaban en corredores de entrada del ganado, ejerciéndose así una mayor presión de pastoreo sobre el bosque que en etapas anteriores. Sumado a esto, ocurren otras transformaciones dentro de los bosques, tales como defaunación, ya que los hacheros

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

debían procurarse su alimento a partir de la caza de animales; modificación en la pirámide de edades de los árboles explotados; a causa del ínfimo salario de un sistema semi-esclavista apenas controlado por el Estado, el hachero precisaba obtener un ingreso suplementario, lo cual lograba comerciando con pieles y cueros de animales cazados en el monte, contribuyendo a una mayor defaunación.

4) 1º Taninera

Cabe destacar que esta industria se desarrolló principalmente a partir de la instalación de cientos de obrajes sobre los grandes latifundios del Chaco Oriental, vinculada fuertemente a la explotación de quebracho colorado chaqueño, que es el más rico en sustancias tánicas. Además, la región oriental posee los cuerpos de agua permanentes, y ésta era necesaria en grandes cantidades para la industria del tanino. Algunas tanineras que se ubicaron en el Chaco Subhúmedo y Semiárido explotando quebracho colorado santiagueño tuvieron que invertir fuertemente en el abastecimiento de agua, pero nunca alcanzaron la importancia de las primeras.

5) Colonia algodonera

En la primera década del siglo XX aparecen nuevas colonias agrícolas, las cuales comienzan a ocupar la planicie centro chaqueña, proceso que fue acompañado por fuertes inversiones extranjeras para el cultivo de algodón (Baxendale y Buzai, 2009). El área tiene su núcleo entre Quitilipi, Roque Sáenz Peña, Charata y Villa Ángela. Gran parte de los trabajadores fueron inmigrantes polacos, italianos, yugoslavos, búlgaros, ucranianos y checoslovacos (Morello, et al., 2007; Baxendale y Buzai, 2009). Según Morello, et al. (2007) en esta etapa existió una activa participación del Estado, el cual trajo a los colonos, les habilitó tierras y recursos y les facilitó sistemas de crédito. Las propiedades asignadas a cada colonia variaban entre 25 y 200 ha. Se consolida el concepto de chacra como pequeña unidad, con el chacarero como productor familiar que sólo contrata fuerza de trabajo externa al predio una o dos veces al año, produciendo un cultivo principal para el mercado y varios otros de apoyo y para consumo familiar.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Posteriormente, se inicia el período denominado de **"agricultura generalizada"**, el cual Morello et al., (2007) no describen en profundidad, y que a los fines de nuestro estudio sólo tomamos en cuenta dos etapas principales:

1) Agriculturización

Alrededor del 1950 comienza a declinar la producción algodonera, con lo cual disminuye también el poblamiento. Es pertinente la afirmación de Baxendale y Buzai (2009) cuando se refieren a que las ganancias obtenidas por el cultivo del algodón no fueron reinvertidas en la región, ya que la materia prima se extrae prácticamente sin valor agregado. Un 80% de las hilanderías que demandaban este producto estaban ubicadas en la Capital Federal y en la provincia de Buenos Aires. Además, los hilanderos a su vez son propietarios de las desmotadoras, por lo tanto son quienes en general determinan los precios del producto y el destino de los beneficios.

Como consecuencia de esta situación, en las últimas décadas del siglo XX comienza un proceso de reorientación económica en la región a partir de la adopción de cultivos pampeanos (girasol, sorgo, trigo, maíz y, posteriormente, soja). Comienza un proceso simultáneo de ganaderización industrial y agricultura de altos insumos, adoptando doble cultivo (trigo-algodón, trigo-maíz o trigo-sorgo). Como esta nueva producción doble permitía costear los gastos del desmonte, gran parte de la ampliación de la superficie agrícola se realizó a costa de bosques nativos.

2) Sojización o Pampeanización

El término "pampeanización" se refiere al proceso de trasladar los paquetes tecnológicos y la manera de producir de la región pampeana a otras zonas (Pengue, 2004), generalmente marginales, con el supuesto de que funcionarán de la misma manera en ambos sitios, sin tener en cuenta que las condiciones ambientales pueden ser muy distintas y, en consecuencia, también sus impactos.

Este período comienza en 1996 (Morello, et al., 2007), y ocurrió basado en la liberación del primer organismo genéticamente modificado en Argentina: la soja

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

transgénica resistente al herbicida glifosato. En este momento, las técnicas de desmonte para habilitación de tierras son de gran impacto, realizándose con grandes máquinas que arrastran una cadena ("cadeneo") o topadoras, que derriban toda la vegetación. Ésta se acumula y se quema in situ, sin aprovechamiento de rollizo ni leña.

Para Pertile y Torre Geralgia (2009), la incorporación y veloz expansión territorial de la soja se vio beneficiada por las sucesivas etapas de crisis atravesadas por el monocultivo algodonero. Al mismo tiempo la introducción de nuevas tecnologías facilitó la adaptación de este cultivo a las condiciones del sudoeste chaqueño. Las autoras señalan que la campaña 1995/96 fue el último record en producción de algodón, alcanzando un 60% de la superficie cultivable. Los años siguientes, debido a varias razones tales como condiciones climáticas desfavorables e incertidumbres en los precios internacionales, comenzó una importante disminución, alcanzando el mínimo histórico en 2002/03 con aproximadamente un 10% de la superficie cultivable. Mientras tanto, simultáneamente al descenso del cultivo de algodón, ocurría un importante aumento de la superficie dedicada a la soja. El desarrollo de este cultivo fue más importante en el sudoeste chaqueño, con capitales de inversión principalmente extraprovinciales (Pertile y Torre Geralgia, 2009).

3.3 Situación actual de la agricultura en la planicie chaco pampeana

Llegamos al punto, entonces, en que podemos observar la convergencia de ambos sitios estudiados en un idéntico modelo agrícola, el cual se denomina modelo agrícola industrial y fue descripto más arriba. Este modelo origina diversos impactos sobre su entorno ambiental y social, verificándose ciertas semejanzas y diferencias entre las dos regiones.

La principal diferencia entre ambas localidades es la vegetación nativa y la historia de uso: la agricultura en la región pampeana avanzó sobre pastizales y tiene una historia mucho más antigua de tradición agrícola-ganadera. La implementación de la agricultura como actividad importante en la región pampeana se da entre 1890 y 1910 (Solbrig, 1997), mientras que en la región chaqueña la transformación es más reciente. En este caso, el fenómeno llamado pampeanización del Chaco ocurre a partir la década del 70 (Morello, et

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

al., 2007), y si bien los primeros sectores transformados para uso agrícola fueron las sabanas, posteriormente los cultivos avanzaron sobre los bosques, disminuyendo sensiblemente el "bosque de tres quebrachos", el cual es el ecosistema predominante en el borde oriental del Chaco Seco, en contacto con el Chaco Húmedo, donde se asienta Charata. Otra diferencia importante es la señalada por Baxendale y Buzai (2009) al referirse a la reinversión local de las ganancias, ya que en la región chaqueña tanto la industria forestal como la algodonera simplemente se llevaron la materia prima extraída a Buenos Aires, en el caso de las hilanderías o al exterior en el caso de las fábricas de tanino, con capitales franceses, ingleses y alemanes. En cambio, en los inicios de la actividad agropecuaria de la región pampeana, se dieron las condiciones para que muchos inmigrantes que arrendaban la tierra pudieran comprarla, teniendo la posibilidad de adquirir herramientas y animales para trabajarlas.

En cuanto a los ambientes de cada región, pudimos ver que si bien las precipitaciones en la zona de Charata son suficientes para hacer agricultura de secano, los promedios anuales están muy cerca del límite, y es normal la ocurrencia de años de sequía, los cuales impactan muy fuertemente en la producción. En la región pampeana, nunca hay un déficit hídrico ya que las temperaturas promedio son menores y las precipitaciones anuales rondan los 1000 mm. Esto se ve reflejado en los diferentes ecosistemas que presenta cada sitio y que describimos anteriormente. También presentan ciertas diferencias en cuanto a los suelos, los cuales son aptos para la producción agrícola, pero presentan varias limitaciones que en la pampa no existen, tales como riesgo de erosión hídrica o drenaje deficiente.

Por último, de acuerdo a las parcelas visitadas para esta investigación, se observó que en los alrededores de Charata el promedio de cada predio destinado a la producción de soja fue de 313 ha, mientras que en las cercanías de Rojas fue de 75 ha. Esto puede estar relacionado con las diferencias en cuanto a rendimiento, además de los mayores gastos que deben afrontar los productores de Charata, debido al costo del transporte hasta el puerto de Rosario (aproximadamente 800 km de distancia).

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

En cuanto a las consecuencias del modelo en sí son bastante similares en ambas regiones aunque algunas se dan más fuertemente en una que en otra: por ejemplo, la deforestación de bosques y montes nativos ocurrió y ocurre en el Chaco, aunque la desaparición del pastizal pampeano también es un impacto sufrido por la pampa. Pero la erosión y degradación de suelos por agroquímicos, los problemas ocasionados en la salud de la población por el uso de los mismos, la mayor concentración de tierras en manos de grupos capitalistas nacionales e internacionales (Pengue, 2008), la expulsión de pequeños productores hacia los cinturones de pobreza de las grandes ciudades y el deterioro de sus condiciones de vida (Pertile y Torre Geralgia, 2009), la incidencia aún no estudiada en profundidad de los cultivos transgénicos en la salud humana, por citar algunos ejemplos, son impactos muy similares en ambas localidades.

A continuación haremos una breve descripción de estos impactos, dado que tienen acción sobre distintos ámbitos, tales como el ambiental o el socio-económico.

3.4 Impactos y consecuencias del modelo agrícola industrial

Contaminación de los cuerpos de agua: existen evidencias de contaminación de agua utilizada para consumo humano por agroquímicos y fertilizantes (Winchester, et al., 2009). El informe de CONICET (2009) sobre el glifosato señala que debido a que los sistemas agrícolas son altamente dependientes de los herbicidas, esto lleva a la posible acumulación de residuos en el suelo y hacia aguas subterráneas. Este informe plantea que resultados preliminares confirmaron la presencia de glifosato en aguas de drenaje. Además, los fertilizantes muchas veces se aplican en cantidades excesivas y no en las condiciones ambientales recomendadas, por lo tanto el excedente es lavado por las lluvias y termina en los cuerpos de agua. La consecuencia de esto es la eutrofización, la cual se define como un enriquecimiento excesivo con nutrientes de lagos, embalses y canales, lo cual resulta en un rápido crecimiento de la vegetación acuática (Pengue, 2005). Así, se produce una disminución del paso de la luz hacia aguas profundas y un agotamiento del oxígeno disuelto.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Sarandón (2002) señala algunas características y consecuencias de los sistemas actuales de producción:

Dependencia total de combustibles fósiles y disminución de eficiencia energética: la eficiencia es la cantidad de energía obtenida por cada unidad de energía invertida en el proceso. Es decir, contando los fertilizantes sintéticos, los pesticidas y la maquinaria, se ha producido un enorme incremento en la utilización de energía que no se ve reflejado en el aumento de los rendimientos (Masera y Astier, 1993; Pimentel et al., 1990; Dazhong y Pimentel, 1990).

Pérdida de la capacidad productiva de los suelos por degradación, erosión, salinización o desertificación: en muchos casos el exceso de laboreo produce pérdida de la estructura del suelo, con encostramiento y piso de arado, lo cual impide la infiltración de agua. Si bien la introducción de la siembra directa con el cultivo de soja puede evitar a corto plazo el problema de la erosión, a su vez podría generar otros problemas tales como aparición de malezas más agresivas, y necesidad de mayor uso de fertilizantes, herbicidas, insecticidas y fungicidas (Sarandón, 2002).

Pérdida o disminución de nutrientes de los suelos: esto puede ocurrir por desbalance entre la extracción y la reposición, así como también debido al lavado por la baja eficiencia en la utilización de fertilizantes.

Dependencia creciente de agroquímicos: La aplicación de este tipo de insumos está muy extendida y en la actualidad casi no se concibe una agricultura sin el aporte de agroquímicos (Sarandón, 2002). En 20 años, de 1991 a 2012, se observa que si bien la superficie cultivada de cereales y oleaginosas aumentó un 50%, de 20 millones a 30 millones de ha (Oliverio y López, 2010), el consumo de agrotóxicos pasó de 39 millones a 335 millones de kg-l/año, lo cual representa un aumento de 858% en el volumen utilizado (**Figura 5**).

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

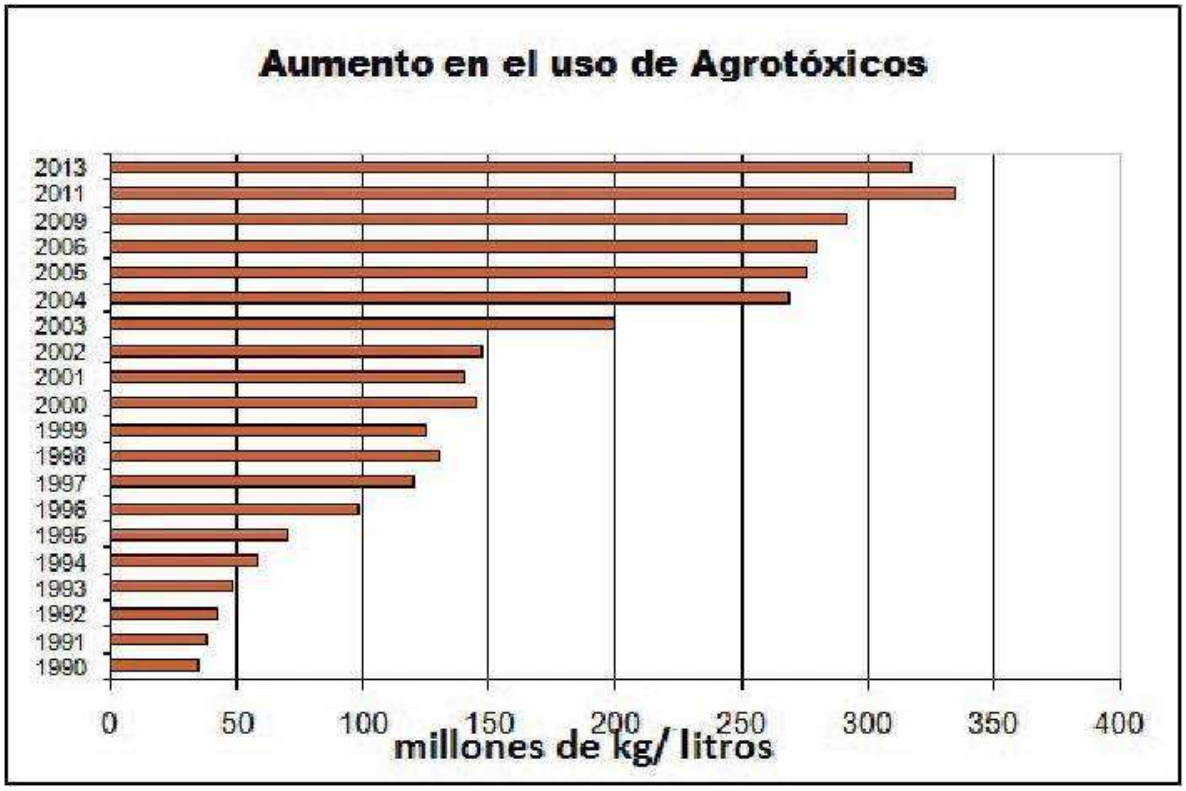


Figura 5: cantidad de agrotóxicos utilizados entre 1990 y 2013 en todo el país. Fuente: Datos de la Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE), elaboración Red Universitaria de Ambiente y Salud (REDUAS)

Pero sus impactos son muchos y variados, ya que principalmente afectan a la población rural que los utiliza y que vive en las cercanías de los campos fumigados, generando terribles consecuencias sobre su salud, pero también sobre la flora y fauna que recibe cantidades cada vez mayores de productos diseñados para matar, ya sean "malezas", definidas como cualquier otra planta que no sea el cultivo sembrado, como artrópodos, hongos, ácaros, etc. Por otro lado, se encuentran los vertebrados que se alimentan de artrópodos que pueden contener restos de estos pesticidas. Por ejemplo las aves son muy sensibles a los insecticidas organofosforados y carbamatos (Woodbridge *et al.* 1995; Canavelli y Zaccagnini 1996; Goldstein et.al. 1996,1999; Zaccagnini 1998). Según plantean Bernardos y Zaccagnini (2008), la principal vía de ingreso de los plaguicidas al cuerpo del ave es por medio de la ingestión de alimento que ha sido expuesto al tóxico (Mineau 2002).

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Pero también se debe tener en cuenta los efectos sobre las personas consumidoras de los productos rociados, quienes tal vez viven muy lejos del campo, y sin embargo, presentan restos de agroquímicos en sangre (para profundizar en este tema se pueden consultar la "Campaña Mala Sangre" de la ONG BIOS y "Detox Campaign" de WWF).

Desarrollo de resistencias: en el mundo se ha documentado la aparición de resistencia en 200 especies (Heap, 2011), de las cuales en Argentina algunos ejemplos son *Sorghum halepense*, *Lolium perenne*, *Lolium multiflorum* y *Echinocloa colona* con resistencia a glifosato. Esto implica que se aplique cada vez más cantidad de producto o mezclas de químicos más potentes. Lo mismo ocurre con insectos, ácaros, etc. Además, como plantea Sarandón (2002) el uso indiscriminado de plaguicidas provoca la desaparición de depredadores naturales y aumenta la probabilidad de aparición de plagas nuevas y más vigorosas.

Pérdida de variabilidad genética de los principales cultivos: además de reducir la biodiversidad de los ecosistemas, la agricultura ha utilizado, a lo largo de los años, cada vez menos especies, siendo 3 los cultivos más importantes (arroz, trigo y maíz). Pero a esto se suma la utilización de pocas variedades más exitosas de estos cultivos, aumentando enormemente la fragilidad del sistema (Sarandón, 2002).

Desplazamiento de técnicas de cultivo tradicionales por la tecnología moderna, supuestamente de aplicación universal (erosión cultural) (Sarandón, 2002): el desplazamiento y reemplazo de técnicas tradicionales ha originado la desaparición irreversible de variedades. Este autor plantea que el mantenimiento de la diversidad cultural es imprescindible para el mantenimiento de la diversidad biológica, ya que no puede cultivarse lo que no se conoce.

En resumen, podemos señalar que el uso ineficiente de energía fósil, el uso intensivo del suelo generando su deterioro, la contaminación de agua y repercusión en la salud de la población por el uso de agroquímicos y la pérdida de diversidad de cultivos y de prácticas tradicionales, entre otras características, implican claramente que este modelo agrícola no presenta características de sustentabilidad tal como fue definida al principio de este trabajo.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

A lo largo de este capítulo intentamos comprender las distintas fuerzas impulsoras que actuaron en ambos sitios de estudio a partir del análisis de la relación sociedad-naturaleza y la explotación de los recursos naturales. Llegamos a la conclusión de que las historias de uso son bastante distintas hasta la década de 1990, en la cual ambos convergen en un mismo sistema productivo con casi idéntico paquete tecnológico, liberado, utilizado y masificado sin haberse realizado nunca estudios en profundidad sobre las posibles consecuencias sobre el entorno.

El análisis de los datos de campo y su posterior discusión en los capítulos siguientes nos permitirán establecer la presencia de algunos de los impactos mencionados, obteniendo información detallada sobre distintos aspectos del sistema productivo industrial.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados y Discusión EM ERGÍA

A partir del diagrama de flujos (**Figura 6**) se construyó una tabla Excel (User's Interface) de datos crudos con todos los ingresos al sistema, y luego a través de la transformidad se convirtieron a unidades emergéticas (**Tablas 2a y 3a**). Al sumar estas últimas se obtuvo el flujo total de emergía del proceso estudiado. En el caso de las entradas gratuitas provenientes de la naturaleza, sólo se contabiliza la mayor (precipitaciones). El último paso fue el cálculo de algunos índices emergéticos que aportan cierta información sobre la eficiencia del proceso, el aporte de los recursos renovables o la emergía por área, entre otros (**Tablas 2b y 3b**).

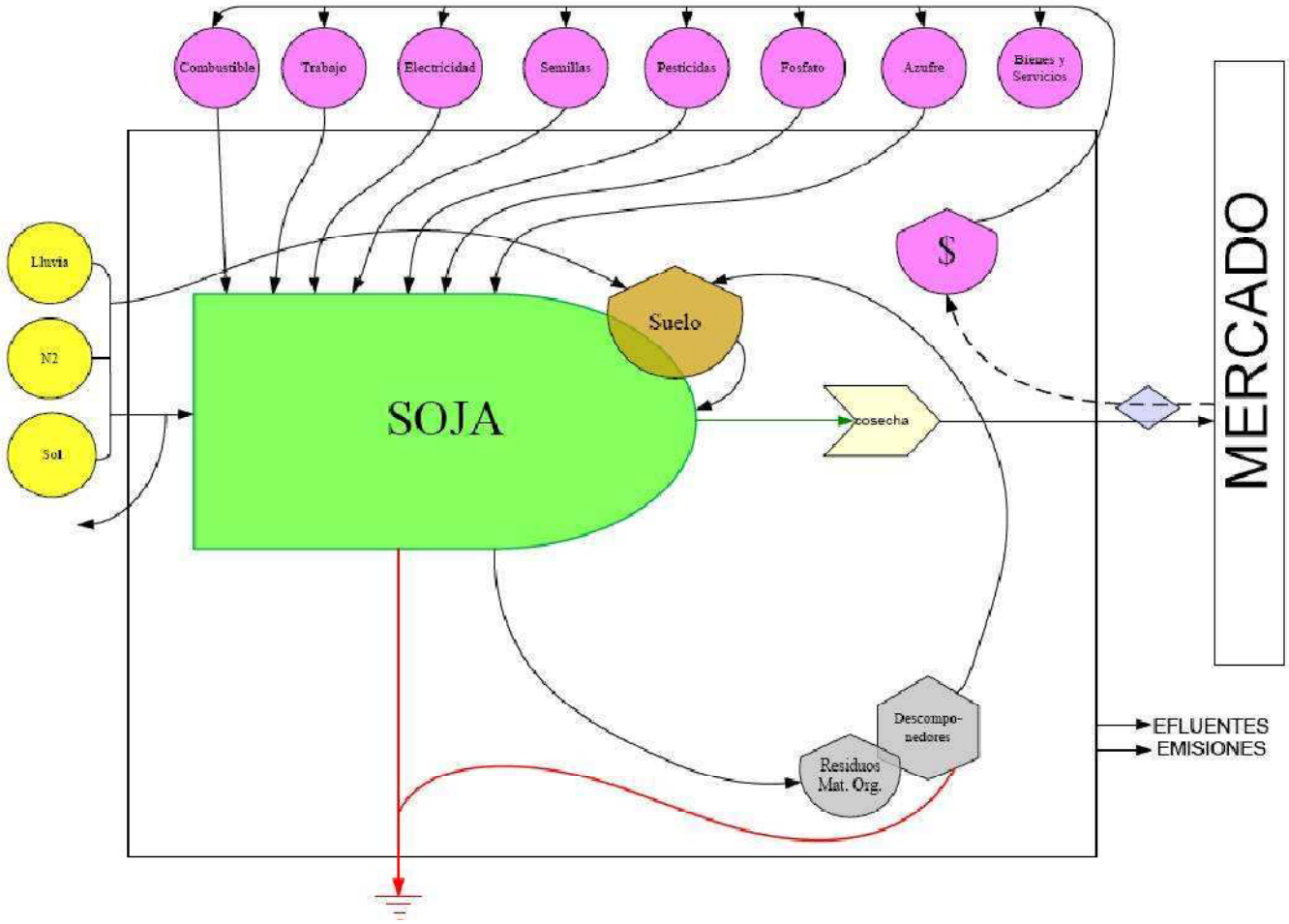


Figura 6: diagrama de flujos de la producción de soja en Rojas y Charata

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

En el diagrama se observa a la izquierda el aporte de la naturaleza, representado por la lluvia, el N_2 de la atmósfera y el sol. En el límite superior se observan todas las entradas provenientes de la economía y que se obtienen a partir de dinero. A la derecha se grafican las salidas del sistema, tanto las deseadas (producto a cambio de dinero) como las no deseadas (emisiones y efluentes). Por último, las salidas por el extremo inferior se refieren a las pérdidas térmicas de los todos los sistemas vivos.

Los resultados en las **Tablas 2** y **4** fueron calculados teniendo en cuenta el trabajo y servicios por un lado y sin tenerlos en cuenta por otro. Esto provee resultados que incluyen el aporte de la economía, en el primer caso, y una contabilización puramente biofísica en el segundo. Para la el resto de los cálculos y la discusión se tuvieron en cuenta sólo los resultados que incluyen trabajo y servicios, ya que son entradas indispensables, sin las cuales el sistema no está correctamente representado.

Tanto los flujos emergéticos totales (**Tablas 2 y 4**) como los índices emergéticos (**Tablas 3** y **5**) resultaron bastante similares para Charata y Rojas. En esta última el valor de emergía total es mayor, lo cual indica una mayor contribución del ambiente a la producción de soja.

Las **Tablas 2** y **4** muestran que los principales flujos que intervienen en el proceso de producción de soja son los mismos para ambas localidades, si bien presentan leves diferencias. La principal contribución está dada por los Servicios, con un 40% para Charata y un 41% para Rojas, seguida por el potencial químico de las precipitaciones (28,1% para Charata y 26,5% para Rojas). Por último se encuentra la pérdida de materia orgánica del suelo, representando un 23% en Charata y un 21% en Rojas.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Flujos Emergéticos Global Baseline= 15,83E+24 (*)							
#	Items	Unidades	Valor	Transformidad(seJ/unidad)	Refs. Para Transf.	Emergía (seJ/año)	% de Emergía (con T&S)
Inputs Renovables							
1	Radiación solar	J/ha/yr	5,43E+13	1,00E+00	[a]	5,43E+13	0,95%
2	Precipitaciones (Potencial Químico)	J/ha/yr	5,24E+10	3,05E+04	[b]	1,60E+15	28,09%
3	Nitrógeno (N2) fijado de la atmósfera	kg/ha/año	6,00E+01	6,38E+12	[g]	3,83E+14	6,73%
Inputs No renovables							
4	Pérdida neta de materia orgánica del suelo	J/ha/yr	1,08E+10	1,24E+05	[d]	1,33E+15	23%
Inputs Importados							
5	Nafta (sin plomo)	J/ha/yr	2,34E+07	1,11E+05	[b]	2,58E+12	0%
6	Gasoil	J/ha/yr	1,16E+09	1,11E+05	[b]	1,28E+14	2%
7	Electricidad	J/ha/yr	2,55E+07	2,81E+05	[d]	7,15E+12	0%
8	Agua para pulverización de agroquímicos	g/ha/yr	4,00E+05	7,61E+05	[e]	3,04E+11	0%
9	Semillas	g/ha/yr	6,90E+04	2,73E+09	[g]	1,88E+14	3%
10	Fosfato (PO4)	g/ha/yr	0,00E+00	6,54E+09	[b]	0,00E+00	0%
11	Azufre (S)	g/ha/yr	0,00E+00	9,13E+07	[c]	0,00E+00	0%
12	Fungicidas	g/ha/yr	4,60E+02	2,49E+10	[d]	1,15E+13	0%
13	Insecticidas	g/ha/yr	5,00E+02	2,49E+10	[d]	1,25E+13	0%
14	Herbicidas	g/ha/yr	4,20E+03	2,49E+10	[d]	1,05E+14	2%
15	Maquinaria Agrícola (acero)						
	Tractores	g/ha/yr	9,10E+02	1,13E+10	[d]	1,03E+13	0%
	Cosechadora	g/ha/yr	1,07E+03	1,13E+10	[d]	1,20E+13	0%
	Sembradora	g/ha/yr	1,26E+02	1,13E+10	[d]	1,42E+12	0%
	Pulverizadora	g/ha/yr	3,21E+02	1,13E+10	[d]	3,63E+12	0%
16	Trabajo Humano	J/ha/año	1,50E+06	4,05E+06	[f]	6,08E+12	0%
17	Servicios Anuales en la Producción Agrícola	$/ha/yr	9,76E+02	2,33E+12	[f]	2,27E+15	40%
	EMERGÍA TOTAL con Trabajo y Servicios					**5,69E+15**	
	EMERGÍA TOTAL sin Trabajo y Servicios					**3,41E+15**	

Tabla 2: Flujos emergéticos de CHARATA. Referencias para Transformidad: [a] Por definición, [b] Odum, H.T. 2000, [c] Martin et al., 2006, [d] Brown y Ulgiati, 2004, [e] Buenfill, 2000 , [f] Brandt-Williams, 2002, [g] Cavalett, 2008, (*)Campbell, et al., 2005

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Índice	Soja (con T&S)	Soja (sin T&S)	Unidad
Recursos Renovables de la naturaleza (R)	1,98E+15	1,98E+15	seJha-1 yr-1
Recursos no renovables de la naturaleza (N)	1,33E+15	1,33E+15	seJha-1 yr-1
Inputs tomados desde fuera del sistema (F)	4,82E+14	4,82E+14	seJha-1 yr-1
Trabajo y servicios de la economía humana (T&S)	2,28E+15	---	seJha-1 yr-1
Emergía Total (U)	**5,69E+15**	**3,41E+15**	seJha-1 yr-1
Transformidad Solar	1,45E+05	8,45E+04	seJJ-1
Índice de apropiación y explotación de emergía (EYR)	2,06	7,08	
Índice de carga ambiental (ELR)	2,07	0,92	
Índice de inversión de emergía (EIR)	0,83	0,15	
Renovabilidad (%R)	35%	58%	
Emergía por unidad de tiempo y área (ED)	5,69E+11	3,41E+11	seJm-2 yr-1

Tabla 3: Índices Emergéticos de Charata

La **Figura 7** muestra cuál es el porcentaje de cada una de las entradas al sistema sobre la cantidad total de emergía obtenida para el proceso de producción de soja en Charata.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

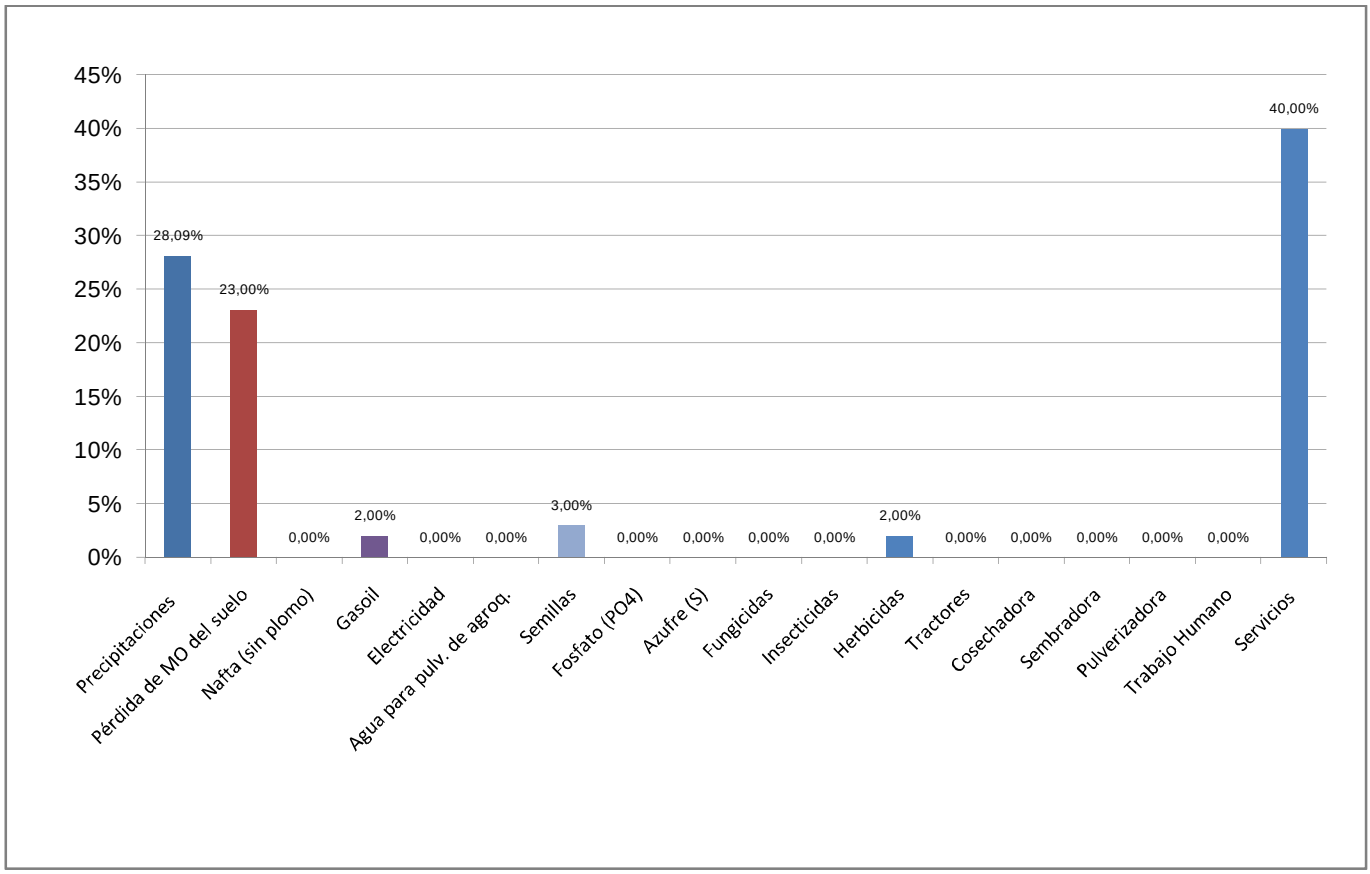


Figura 7: porcentajes de contribución emergética de cada entrada en Charata

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Flujos Emergéticos Global Baseline= 15,83 (*)							
#	Items	Unidades	Valor	Transformidad (seJ/unidad)	Refs. Para Transf.	Emergía (seJ/año)	%de Emergía (con T&S)
Inputs Renovables							
1	Radiación solar	J/ha/yr	4,72E+13	1,00E+00	[a]	4,72E+13	0,73%
2	Precipitaciones (Potencial Químico)	J/ha/yr	5,58E+10	3,05E+04	[b]	1,70E+15	26,47%
3	Nitrógeno (N2) fijado de la atmósfera	kg/ha/año	6,00E+01	6,38E+12	[g]	3,83E+14	5,95%
Inputs No renovables							
4	Pérdida neta de materia orgánica del suelo	J/ha/yr	1,08E+10	1,24E+05	[d]	1,33E+15	21%
Inputs Importados							
5	Nafta (sin plomo)	J/ha/yr	4,67E+07	1,11E+05	[b]	5,17E+12	0%
6	Gasoil	J/ha/yr	1,16E+09	1,11E+05	[b]	1,28E+14	2%
7	Electricidad	J/ha/yr	1,60E+07	2,81E+05	[d]	4,48E+12	0%
8	Agua para pulverización de agroquímicos	g/ha/yr	4,00E+05	7,61E+05	[e]	3,04E+11	0%
9	Semillas	g/ha/yr	6,90E+04	2,73E+09	[g]	1,88E+14	3%
11	Fosfato (PO4)	g/ha/yr	4,30E+04	6,54E+09	[b]	2,81E+14	0%
12	Azufre (S)	g/ha/yr	2,10E+04	9,13E+07	[c]	1,92E+12	4%
13	Fungicidas	g/ha/yr	3,00E+02	2,49E+10	[d]	7,47E+12	0,0%
14	Insecticidas	g/ha/yr	5,00E+02	2,49E+10	[d]	1,25E+13	0%
15	Herbicidas	g/ha/yr	5,00E+03	2,49E+10	[d]	1,25E+14	0%
16	Maquinaria Agrícola (acero)						
	Tractores	g/ha/yr	9,10E+02	1,13E+10	[d]	1,03E+13	0%
	Cosechadora	g/ha/yr	1,07E+03	1,13E+10	[d]	1,20E+13	0%
	Sembradora	g/ha/yr	1,26E+02	1,13E+10	[d]	1,42E+12	0%
	Pulverizadora	g/ha/yr	3,21E+02	1,13E+10	[d]	3,63E+12	0%
17	Trabajo Humano	J/ha/año	1,50E+06	4,05E+06	[f]	6,08E+12	0%
18	Servicios Anuales en la Producción Agrícola	$/ha/yr	1,12E+03	2,33E+12	[f]	2,61E+15	41%
	EMERGÍA TOTAL con Trabajo y Servicios					**6,43E+15**	
	EMERGÍA TOTAL sin Trabajo y Servicios					**3,82E+15**	

Tabla 4: Flujos emergéticos de ROJAS. Referencias para Transformidad: [a] Por definición, [b] Odum, 2000, [c] Martin et al., 2006, [d] Brown y Ulgiati, 2004, [e] Buenfill A.A., 2000 , [f] Brandt-Williams, S. 2002, [g] Cavalett, 2008, (*)Campbell, et al., 2005.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Índice	Soja (con T&S)	Soja (sin T&S)	Unidad
Recursos Renovables de la naturaleza (R)	2,09E+15	2,09E+15	seJha-1 yr-1
Recursos no renovables de la naturaleza (N)	1,33E+15	1,33E+15	seJha-1 yr-1
Inputs tomados desde fuera del sistema (F)	7,81E+14	7,81E+14	seJha-1 yr-1
Trabajo y servicios de la economía humana (T&S)	2,62E+15	---	seJha-1 yr-1
Emergía Total (U)	**6,43E+15**	**3,82E+15**	seJha-1 yr-1
Transformidad Solar	1,14E+05	9,44E+04	seJJ-1
Índice de apropiación y explotación de emergía (EYR)	2,20	4,88	
Índice de carga ambiental (ELR)	2,04	1,01	
Índice de inversión de emergía (EIR)	0,86	0,23	
Renovabilidad (%R)	33%	55%	
Emergía por unidad de tiempo y área (ED)	6,43E+11	3,82E+11	seJm-2 yr-1

Tabla 5: Índices Emergéticos de Rojas

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

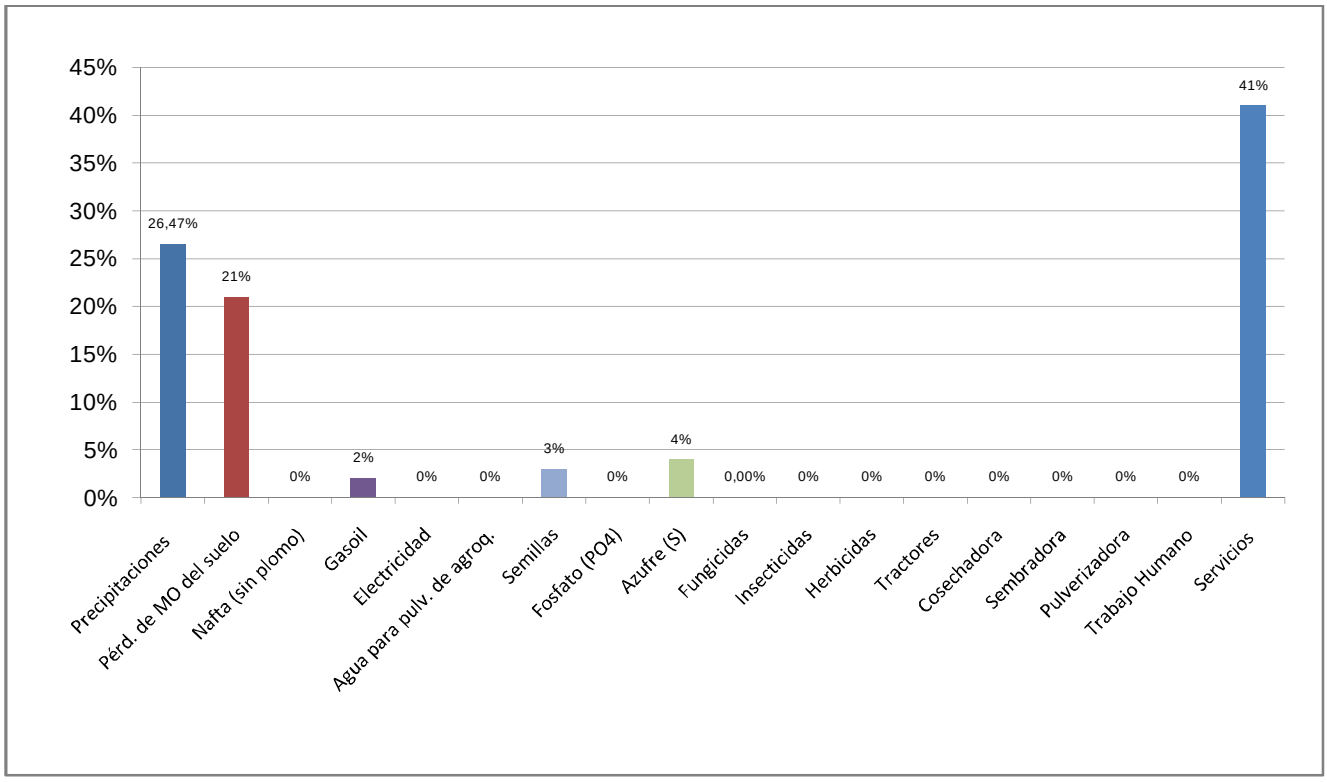


Figura 8: porcentajes de contribución emergética de cada entrada en Rojas

La Transformidad Solar (emergía total invertida en el proceso dividida por el contenido energético del producto) fue de 1,45E+05 seJ/J para Charata y 1,14E+05 seJ/J para Rojas. Estos valores son similares, si bien indicarían que la producción de soja en Rojas requiere un aporte ambiental levemente menor para obtener un Joule de producto. Este resultado se relaciona con la mayor productividad y por lo tanto contenido energético por hectárea que se obtiene en Rojas. Franzese et al (2011) analizaron la producción de soja bajo el modelo agrícola industrial en Brasil, obteniendo un valor de transformidad de 1,04+05 seJ/J, el cual es del mismo orden de magnitud que los calculados en esta tesis y bastante cercano al de Rojas, lo cual podría indicar la similitud de entradas en el sistema productivo analizado, independientemente del lugar donde se lleve a cabo.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

4.1.1 Índices

El Índice de apropiación y explotación de emergía **(EYR)** de Charata fue ligeramente menor que el de Rojas, pero ambos tienen un valor de 2 o cercano, lo cual indicaría que por cada unidad invertida desde el exterior, se obtienen aproximadamente dos unidades de producto. Como planteamos en la descripción del método (Capítulo 2), un mayor valor de EYR implica más capacidad del proceso de obtener recursos de la naturaleza por unidad de inversión económica.

Para Charata el Índice de carga ambiental **(ELR)** es 2,07 mientras que para Rojas es 2,04. Esto indica que la fracción no renovable de la emergía total es aproximadamente 2 veces mayor que la porción renovable en ambas localidades.

Se observa que para Charata más de la mitad del proceso (un 65%) está sostenido por fuentes no renovables, presentando Rojas el valor muy cercano de 67%.

Según los valores de Índice de inversión de emergía **(EIR)** obtenidos, para las dos localidades el valor es inferior a 1, aunque bastante cercano (0,83 para Charata y 0,86 para Rojas) lo cual indica que si bien los inputs gratuitos de la naturaleza son mayores que los comprados, el sistema está muy cerca de utilizar la misma proporción de entradas compradas y gratuitas.

El valor de emergía por unidad de tiempo y área **(ED)** para Rojas (6,43E+11) fue levemente superior al de Charata (5,69E+11), pero ambos son muy similares, del mismo orden de magnitud. Esto quiere decir que por cada hectárea que produce soja se invierten aproximadamente 6,00E+11 seJ cada año.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

En la **Tabla 6** pueden compararse los índices obtenidos en cada localidad:

Índice	**Charata**	**Rojas**
Recursos Renovables de la naturaleza (R)	1,98E+15	2,09E+15
Recursos no renovables de la naturaleza (N)	1,33E+15	1,33E+15
Inputs tomados desde fuera del sistema (F)	4,82E+14	7,81E+14
Trabajo y servicios de la economía humana (T&S)	2,28E+15	2,62E+15
Emergía Total (U)	**5,69E+15**	**6,43E+15**
Transformidad Solar	1,45E+05	1,14E+05
Índice de apropiación y explotación de emergía (EYR)	2,06	2,20
Índice de carga ambiental (ELR)	2,07	2,04
Índice de inversión de emergía (EIR)	0,83	0,86
Renovabilidad (%R)	35%	33%
Emergía por unidad de tiempo y área (ED)	5,69E+11	6,43E+11

Tabla 6: Índices para ambos sitios de estudio.

Los cálculos emergéticos muestran que las diferencias esperadas a partir de la hipótesis de trabajo entre las dos localidades son prácticamente despreciables con la metodología empleada. Con la Síntesis Emergética se evalúan las entradas y salidas del sistema, sin tener en cuenta, por ejemplo, sobre qué ambientes avanzó la agricultura y cuáles fueron los servicios ambientales eliminados. El modo de hacer agricultura con fuerte dependencia de insumos externos fue exportado de la llanura pampeana hacia la chaqueña, sin una evaluación previa de la vulnerabilidad de los ecosistemas y de disponibilidad de recursos, tales como el agua o los nutrientes del suelo.

La principal diferencia que se observa es que en Charata los productores no utilizan ningún tipo de fertilizante. En las cuentas totales esto se traduce en un menor ingreso de inputs externos comprados con dinero, y se refleja en esas pequeñas diferencias de los índices. Las implicancias de esta práctica podrían ser importantes, ya que el cultivo de soja

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

tiene la característica de tener altos requerimientos de nutrientes, y si éstos no se reponen, en el mediano plazo las consecuencias de su disminución en el suelo se verían reflejadas en los rendimientos. Sabemos que la agricultura intensiva en esta región del Chaco es más reciente que en la llanura pampeana, y los productores no perciben la necesidad de aplicar fertilizantes. Por otra parte, en las encuestas que se realizaron, los productores sostuvieron que los márgenes de ganancia son pequeños y la producción muy inestable debido a diversos factores como para realizar gastos que ellos consideran innecesarios (ver Capítulo 5).

Todos los agricultores (de ambos sitios) manifestaron hacer siempre siembra directa y rotaciones entre cultivos, pero por más que se reincorporen ciertos nutrientes al suelo provenientes de la MO de los rastrojos, al cosechar la soja se pierde un alto porcentaje de ellos. Como pudimos observar en la **Figura 4**, la soja es el cultivo que posee el mayor requerimiento de nutrientes. El requerimiento de N es el más alto (52 kg/tn de grano) pero debido a que la planta es una leguminosa, la mayor parte se obtiene a partir de la fijación biológica del nitrógeno atmosférico por las bacterias simbióticas. Esto implica que luego de cada cosecha y con un rendimiento promedio de 3 tn/ha, se pierden del suelo aproximadamente 250 kg de nutrientes/ha. Este concepto, relacionado con la cantidad de nutrientes extraídos del suelo por los productos exportados, ha sido llamado "suelo virtual" (Pengue, 2009).

Las metodologías de análisis como la Síntesis Emergética están desarrolladas en países europeos, donde la disponibilidad de datos es mucho mayor y donde las producciones agrícolas son muy estables a lo largo del tiempo. En nuestra realidad latinoamericana, cada año los productores toman decisiones en función de numerosas variables relacionadas no sólo con factores ambientales, sino también políticos y económicos. Por esta razón, debemos ser cuidadosos al utilizar estos métodos, ya que los resultados deben analizarse contextualizándolos en una realidad que cambia constantemente. Este enfoque es pertinente y útil, pero requiere una adaptación a las condiciones de los países latinoamericanos desde dos ángulos: una intensa captura de datos al nivel local por los organismos del estado involucrados en la estadística nacional y una selección de indicadores y valores de transformidad con significado local. La

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

metodología es relativamente nueva, y los valores de transformidad se han ido mejorando con el tiempo, pero sería importante comenzar a realizar los cálculos para sistemas sociedad-naturaleza en nuestra región, que nos permitieran obtener resultados representativos.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

4.2 Resultados y Discusión MFA

En la **Tabla 7** se presentan los datos correspondientes a los flujos de materiales de Charata. A partir de cada una de las entradas al sistema se obtuvieron los valores finales de masa utilizada en el proceso de producción de soja, discriminados de la siguiente manera:

- Masa Abiótica = 1,16 E+04
- Masa Agua = 6,41 E+03
- Masa Aire = 9,65 E+00
- Masa Biótica = 6,97 E+02

A partir de los datos de rendimientos provistos por los productores entrevistados, sabemos que la producción promedio de soja por ha en el año analizado fue de 2307 kg en Charata, por lo tanto podemos averiguar qué cantidad de materia sería necesaria para producir 1 kg de dicho grano, con la finalidad de comparar este dato con los obtenidos para Rojas. Estos valores por kilogramo son llamados Factores de Intensidad Material (MIF por sus siglas en inglés).

- MIF Abiótico = 5,02 kg/kg soja
- MIF Agua = 2,78 kg/kg soja
- MIF Aire = 4,18 E-03 Kg/kg soja
- MIF Biótico = 0,30 kg/kg soja

Por lo tanto, si sumamos todos los Factores de Intensidad Material, la demanda total de materiales para 1 kg de soja fue de 8,10 kg. Dentro de la categoría "Masa Abiótica" la principal contribución está dada por la pérdida neta de materia orgánica del suelo, con un 96% (**Figura 9**), al igual que en "Masa de agua", donde la pérdida de materia orgánica del suelo representa el 79, 6% (**Figura 10**). En el caso de "Masa de aire" la electricidad representa el 39,6%, seguida por las semillas, con un 35,8% (**Figura 11**). Por último, la "Masa Biótica" también tiene al suelo como el ítem más importante, representando el 97,6% del total (**Figura 12**).

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

	Flujo	Unidades	Valor	MIF abiót	Masa abiót.	MIF agua	Masa agua	MIF aire	Masa aire	MIF biót	Masa biót	Refs. para MIF
1	Radiación solar	J	5,43E+13	*	*	*	*	*	*	*	*	
2	Precipitaciones (Potencial Químico)	Kg	5,24E+10	*	*	*	*	*	*	*	*	
3	Nitrógeno (N2) fijado de la atmósfera	Kg	6,00E+01	*	*	*	*	*	*	*	*	
4	Pérdida neta de materia orgánica del suelo	Kg	1,70E+04	0,66	1,12E+04	0,30	5,10E+03	0,0	0,00E+00	0,04	6,80E+02	[a]
5	Combustible	Kg	25,7	1,36	3,50E+01	9,70	2,42E+02	0,02	5,14E-01	0,00	0,00E+00	[b]
6	Electricidad	KW/h	7,08E+00	1,55	1,10E+01	66,73	4,72E+02	0,54	3,82E+00	0,00	0,00E+00	[f]
7	Agua para pulverización de agroquímicos (subt.)	Kg	4,00E+02	0,01	4,00E+00	1,30	5,2E+01	0,00	0,00E+00	0,00	0,00E+00	[d]
8	Semillas	Kg	6,90E+01	4,71	3,25E+02	4,94	3,41E+02	0,05	3,45E+00	0,24	1,66E+01	[d]
9	Fosfato (PO4)	Kg	0,00E+00	3,44	0,00E+00	23,30	0,00E+00	1,29	0,00E+00	0,00	0,00E+00	[b]
10	Azufre (S)	Kg	0,00E+00	+	0,00E+00	+	0,00E+00	+	0,00E+00	+	0,00E+00	
11	Fungicidas e Insecticidas	Kg	1	1,10	0,00E+00	0,00	0,00E+00	0,00	0,00E+00	0,00	0,00E+00	[e]
12	Herbicidas	Kg	4,2	1,10	0,00E+00	0,00	0,00E+00	0,00	0,00E+00	0,00	0,00E+00	[e]
13	Maquinaria Agrícola (acero)											

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

	Tractores	Kg	0,91	9,32	8,48E+00	81,90	7,45E+01	0,77	7,00E-01	0,00	0,00E+00	[f]
	Cosechadora	Kg	1,07	9,32	9,97E+00	81,90	8,76E+01	0,77	8,24E-01	0,00	0,00E+00	[f]
	Sembradora	Kg	0,13	9,32	1,21E+00	81,90	1,06E+01	0,77	1,00E-01	0,00	0,00E+00	[f]
	Pulverizadora	Kg	0,32	9,32	2,98E+00	81,90	2,62E+01	0,77	2,46E-01	0,00	0,00E+00	[f]
14	Trabajo Humano	J	1,50E+06	*	*	*	*	*	*	*	*	
15	Servicios Anuales en la Producción Agrícola	$	9,76E+02	*	*	*	*	*	*	*	*	
	Output											
16	Soja (mat. seca)	Kg	2307	5,01	1,16E+04	2,78	6,41E+03	4,18E-03	9,65E+00	0,30	6,97E+02	Este estudio

Tabla 7: MFA Charata. Referencias para MIF: [a]Por definición; [b]Wurbs et al., 1996; [d]Franzese et al., 2013; [e]Cavalett, 2008; [f]Wuppertal Institute. (*) No existe factor de intensidad material (MIF) para este item a esta escala. (+) No se encuentra disponible el dato para este ítem.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

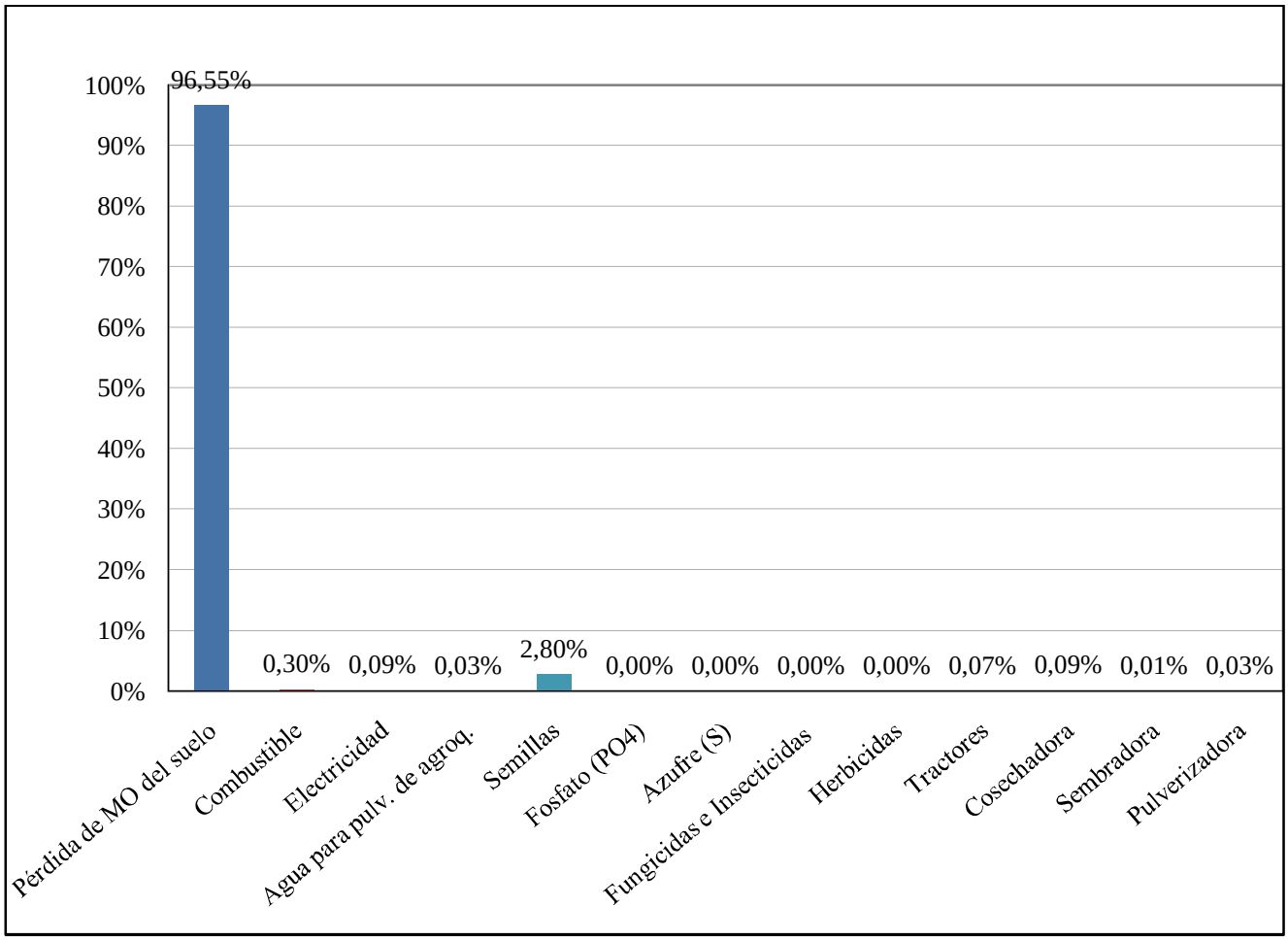


Figura 9: Participación de cada entrada en el total de Masa Abiótica (Charata)

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

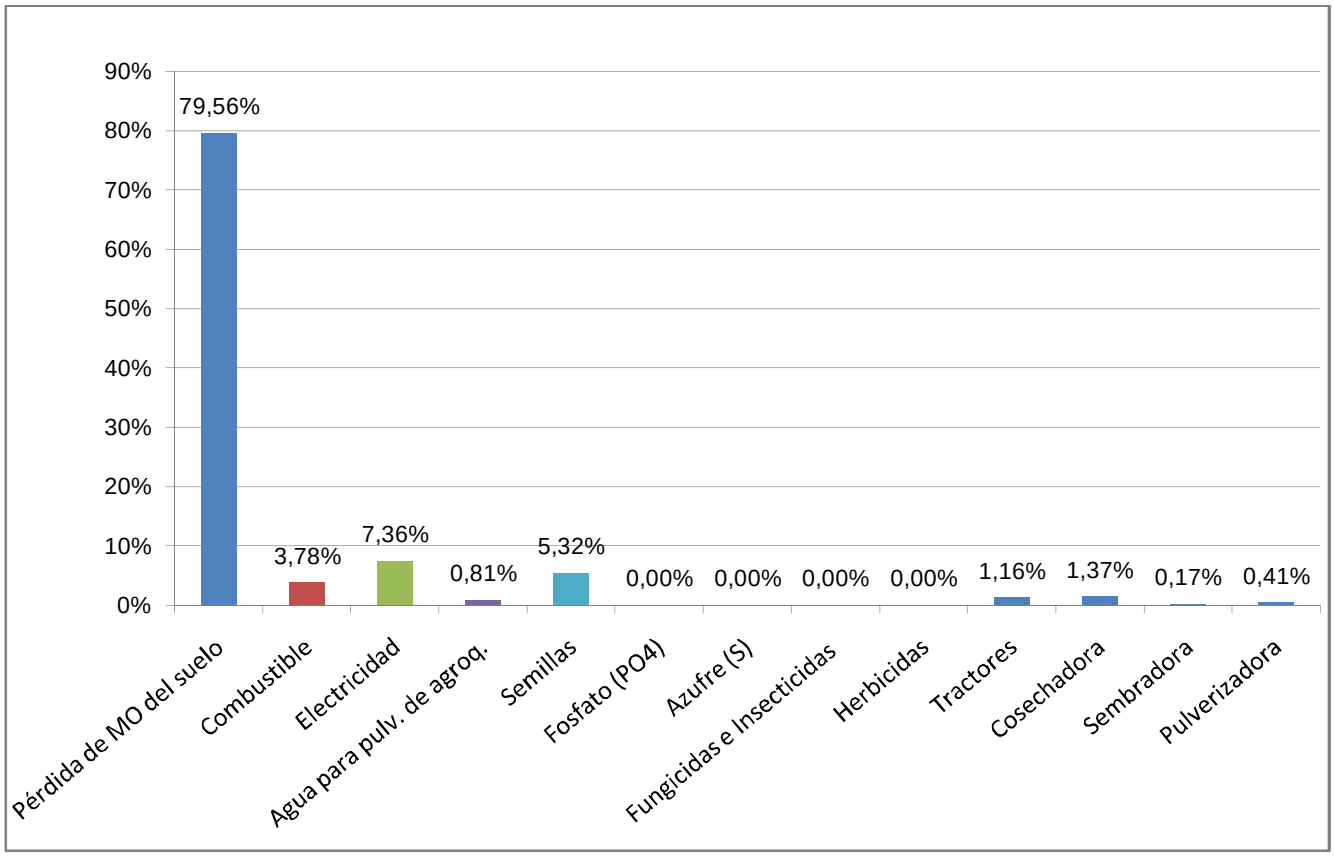


Figura 10: Participación de cada entrada en el total de Masa de Agua (Charata)

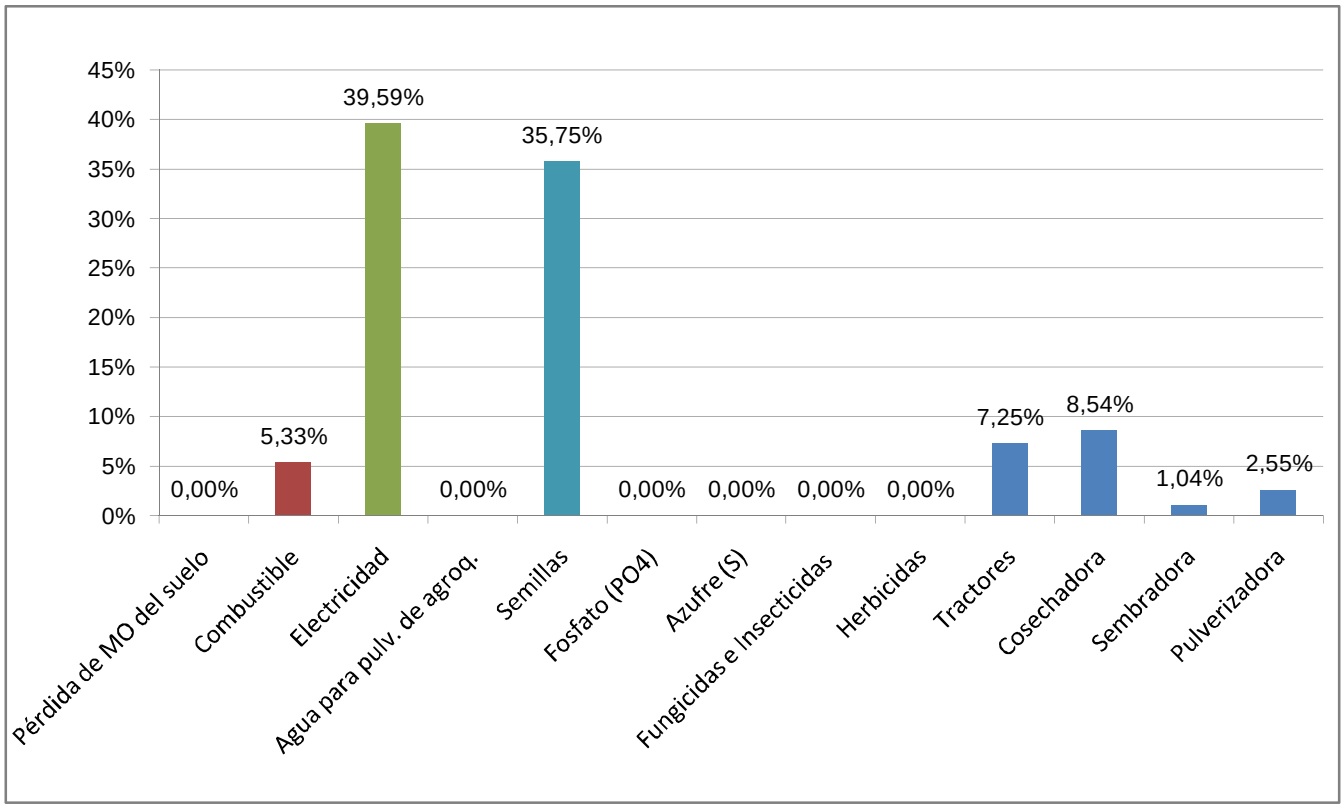


Figura 11: Participación de cada entrada en el total de Masa de Aire (Charata)

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

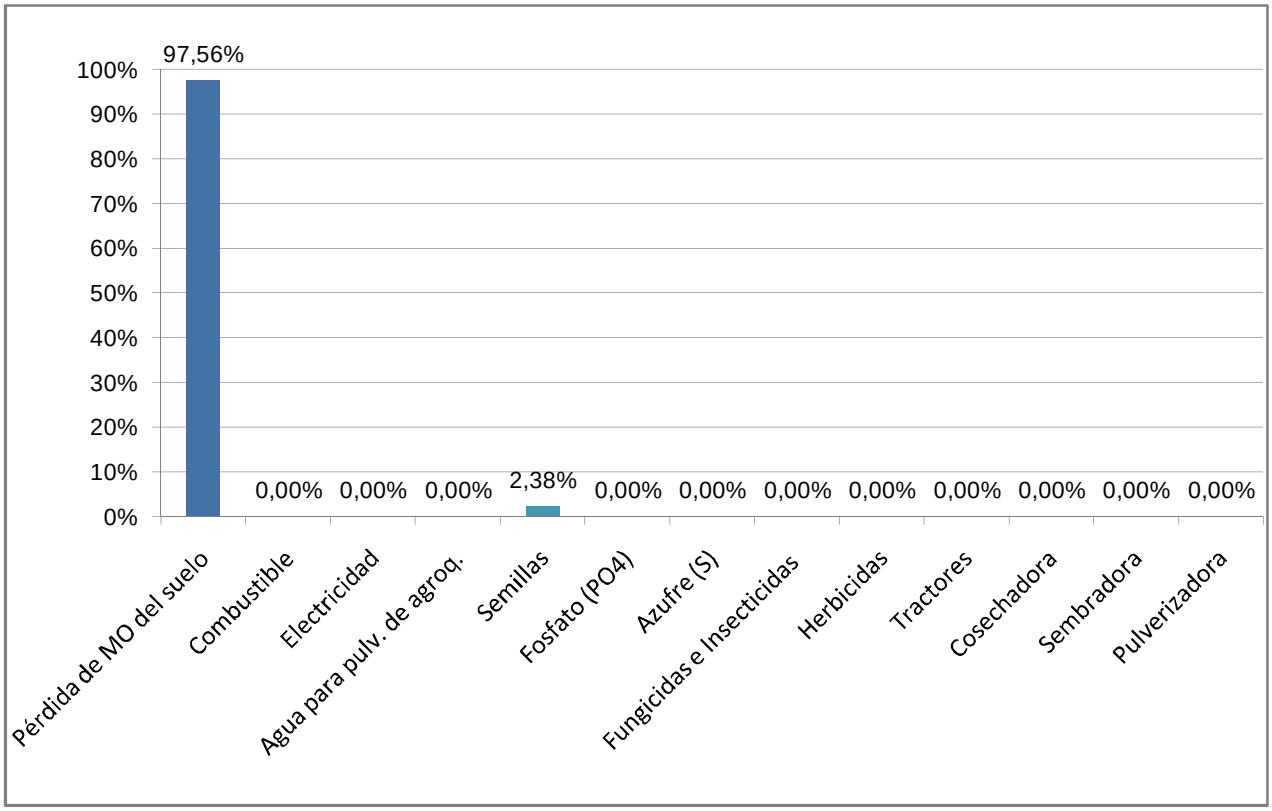


Figura 12: Participación de cada entrada en el total de Masa Biótica (Charata)

Los resultados obtenidos para los materiales utilizados en la producción de soja de Rojas se muestran en la **Tabla 8** y se resumen de la siguiente manera:

- Masa Abiótica = 1,17 E+04
- Masa Agua = 7,24 E+03
- Masa Aire = 6,37 E+01
- Masa Biótica = 6,97 E+02

En Rojas se producen 3323 kg de soja por hectárea, por lo tanto se obtienen las siguientes intensidades materiales:

- MIF Abiótico = 3,52 kg/kg soja
- MIF Agua = 2,18 kg/kg soja
- MIF Aire = 0.02 Kg/kg soja

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

- MIF Biótico = 0,21 kg/kg soja

En Rojas, la demanda total de materiales para 1 kg de soja fue de 5,93 kg. Dentro de la categoría "Masa Abiótica" (**Figura 13**) la principal contribución está dada por la pérdida neta de materia orgánica del suelo, con un 95,7%, al igual que en "Masa de agua" (**Figura 14**), donde la pérdida de materia orgánica del suelo representa el 70, 4%, seguida por el fosfato, con un 13,8%. En el caso de "Masa de aire" (**Figura 15**) el fosfato representa el 87,1%. Por último, la "Masa Biótica" (**Figura 16**) también tiene al suelo como el ítem más importante, representando el 97,6% del total.

Como señalamos anteriormente, los rendimientos por hectárea en Rojas son aproximadamente una tonelada mayores a los de Charata, por lo tanto la variable intensiva de gasto de materiales por kg de soja es bastante menor en la primera localidad.

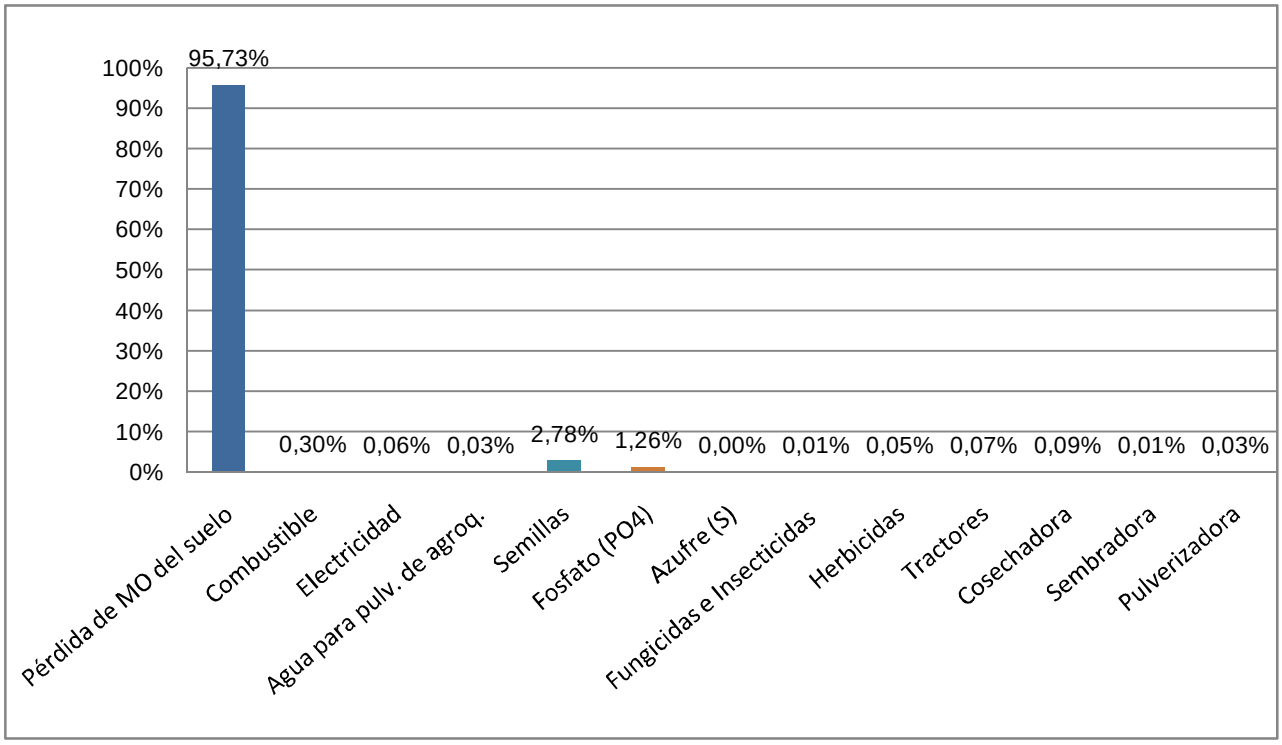


Figura 13: Participación de cada entrada en el total de Masa Abiótica (Rojas)

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

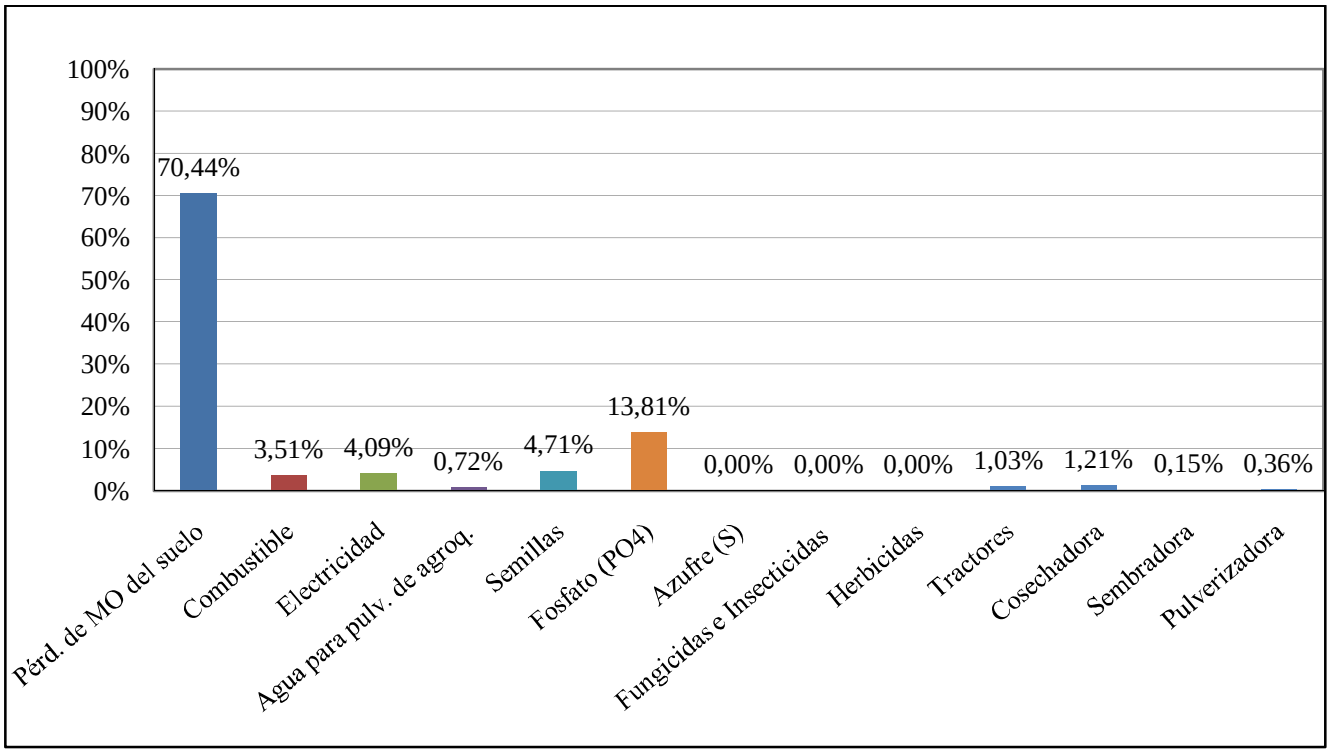


Figura 14: Participación de cada entrada en el total de Masa de Agua (Rojas)

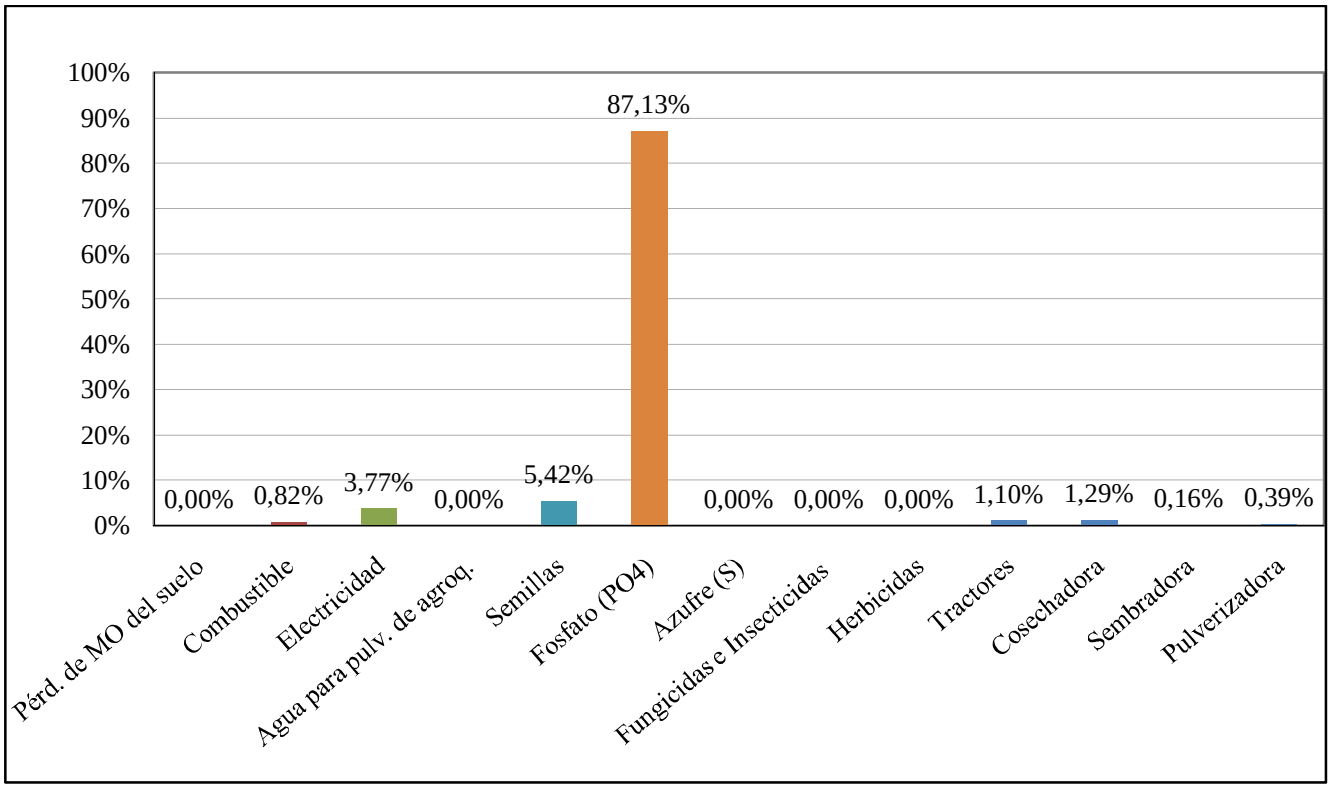


Figura 15: Participación de cada entrada en el total de Masa de Aire (Rojas)

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

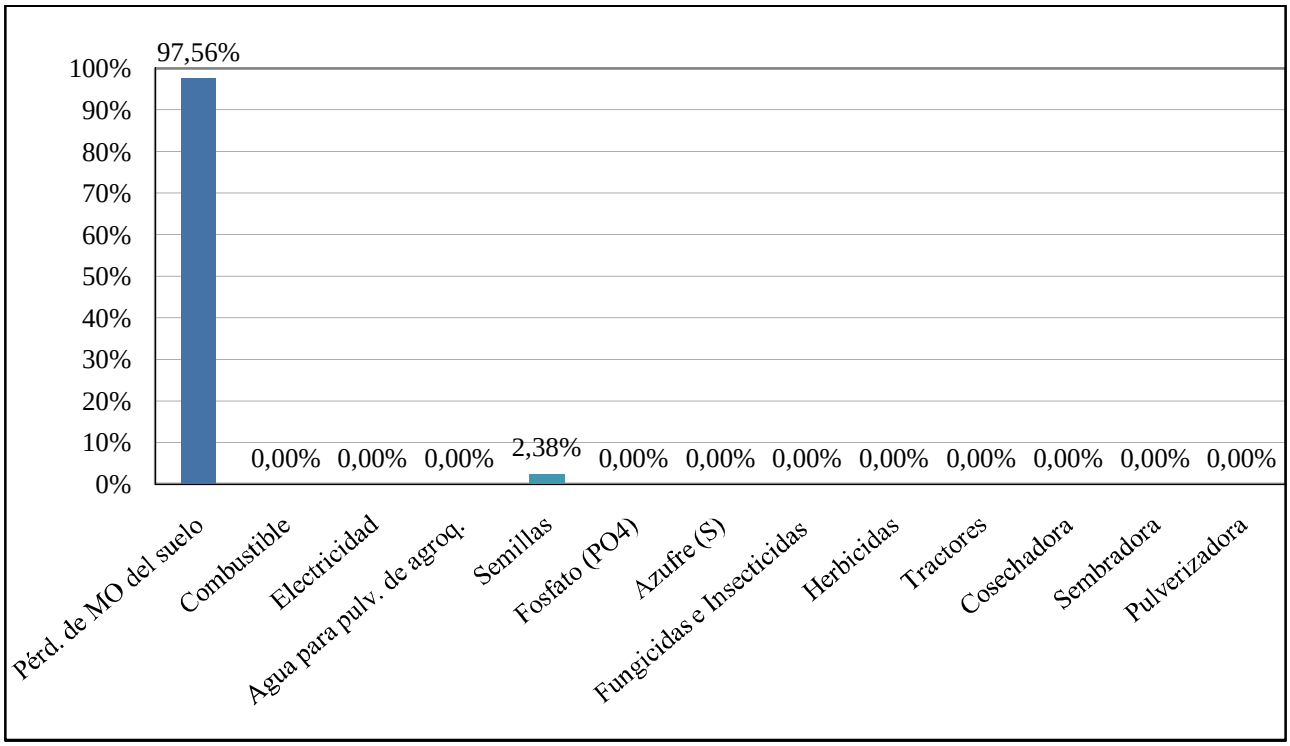


Figura 16: Participación de cada entrada en el total de Masa Biótica (Rojas)

	Flujo	Unidades	Valor	MIF abiót	Masa abiót.	MIF agua	Masa agua	MIF aire	Masa aire	MIF biót	Masa biót	Refs. para MIF
1	Radiación solar	J	5,90E+09	*	*	*	*	*	*	*	*	
2	Precipitaciones (Potencial Químico)	Kg	1,13E+07	*	*	*	*	*	*	*	*	
3	Nitrógeno (N2) fijado de la atmósfera	Kg	6,00E+01	*	*	*	*	*	*	*	*	
4	Pérdida neta de materia orgánica del suelo	Kg	1,70E+04	0,66	1,12E+04	0,30	5,10E+03	0,0	0,00E+00	0,04	6,80E+02	[a]
5	Combustible	Kg	26,2	1,36	3,56E+01	9,70	2,54E+02	0,02	5,20E-01	0,00	0,00E+00	[b]
6	Electricidad	KW/h	4,44	1,55	6,88E+00	66,73	2,96E+02	0,54	2,40E+00	0,00	0,00E+00	[f]

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

7	Agua para pulverización de agroquímicos (subt.)	Kg	4,00E+02	0,01	4,00E+00	1,30	5,2E+01	0,00	0,00E+00	0,00	0,00E+00	[d]
8	Semillas	Kg	6,90E+01	4,71	3,25E+02	4,94	3,41E+02	0,05	3,45E+00	0,24	1,66E+01	[d]
9	Fosfato (PO_4)	Kg	4,30E+01	3,44	1,48E+02	23,30	1,00E+03	1,29	5,55E+01	0,00	0,00E+00	[f]
10	Azufre (S)	Kg	2,10E+01	+		+		+		+		
11	Fungicidas e Insecticidas	Kg	8,00E-01	1,10	8,8E-01	0,00	0,00E+00	0,00	0,00E+00	0,00	0,00E+00	[e]
12	Herbicidas	Kg	5	1,10	5,5E+00	0,00	0,00E+00	0,00	0,00E+00	0,00	0,00E+00	[e]
13	Maquinaria Agrícola (acero)											
	Tractores	Kg	0,91	9,32	8,48E+00	81,86	7,45E+01	0,77	7,00E-01	0,00	0,00E+00	[f]
	Cosechadora	Kg	1,07	9,32	9,97E+00	81,86	8,76E+01	0,77	8,24E-01	0,00	0,00E+00	[f]
	Sembradora	Kg	0,13	9,32	1,21E+00	81,86	1,06E+01	0,77	1,00E-01	0,00	0,00E+00	[f]
	Pulverizadora	Kg	0,32	9,32	2,98E+00	81,86	2,62E+01	0,77	2,46E-01	0,00	0,00E+00	[f]
14	Trabajo Humano	J	1,50E+06	*	*	*	*	*	*	*	*	
15	Servicios Anuales en la Producción Agrícola	$	1,12E+03	*	*	*	*	*	*	*	*	
	Output											
16	Soja (mat. seca)	Kg	3323	3,52	1,17E+04	2,18	7,24E+03	0,02	6,37E+01	0,21	6,97E+02	Este estudio

Tabla 8: MFA Rojas. Referencias para MIF: [a]Por definición; [b]Wurbs et al., 1996; [d]Franzese et al., 2013; [e]Cavalett, 2008; [f]Wuppertal Intitute, 2014. (*) No existe factor de intensidad material (MIF) para este ítem a esta escala. (+) No se encuentra disponible el dato para este ítem.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Al comparar ambas localidades (**Tabla 9**) se observa que prácticamente no hay diferencias en los valores de flujos de materiales, a excepción de la masa de aire utilizada.

	CHARATA	**ROJAS**
Masa Abiótica (kg)	1,16E+04	1,17E+04
Masa Agua (kg)	6,41E+03	7,24E+03
Masa Aire (kg)	9,65E+00	6,37E+01
Masa Biótica (kg)	6,97E+02	6,97E+02
MIF Abiótico (kg/kg de soja)	5,02E+00	3,52E+00
MIF Agua (kg/kg de soja)	2,78E+00	2,18E+00
MIF Aire (kg/kg de soja)	4,18E-03	2,00E-02
MIF Biótico (kg/kg de soja)	3,00E-01	2,10E-01
TOTAL MIF (kg/kg de soja)	**8,10E+00**	**5,93E+00**

Tabla 9: Comparación de requerimientos de materiales para ambas localidades

En Charata este valor es de 4,18 E-03 kg de aire por kg de soja, mientras que en Rojas se necesitan 0,02 kg de aire para producir 1 kg del grano. Esta diferencia de un orden de magnitud puede deberse a la no utilización de fertilizantes en Charata, ya que el proceso de fabricación de los mismos involucra cierta carga de materiales, entre los que se encuentra el aire, que en Charata no está presente. De todas formas, comparada con el resto de los materiales, la masa de aire es la más pequeña.

En cuanto al resto de las categorías, se observa que el mayor peso se encuentra en los materiales abióticos, con 5 kg de materiales por cada kg de soja en Charata y 3,52 kg en Rojas. Asimismo, la cantidad total de materiales requeridos por kg de soja fue aproximadamente 8 kg en Charata y 6 kg en Rojas. Esta diferencia está relacionada con los menores rendimientos de Charata, aunque los requerimientos de materiales son

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

prácticamente los mismos en ambos sitios. Podríamos calcular entonces que para un promedio de 3000 kg de soja obtenidos por cada hectárea se requiere la movilización de alrededor de 21000 kg de materiales, promediando también los requerimientos de ambos sitios. Siguiendo el mismo razonamiento, si tenemos en cuenta el dato de producción total de soja de Argentina en la campaña 2009-2010, el cual según la Bolsa de Cereales fue de 55 millones de toneladas, obtenemos una cantidad total de materiales utilizados de aproximadamente 3,85E+08 toneladas.

Una de las propuestas surgidas a partir de la necesidad cada vez mayor de reducir el consumo de materiales y energía es la "desmaterialización" (Schmidt-Bleek, 1993), es decir, disminuir la carga ambiental manteniendo el nivel de vida a partir de la introducción de bienes funcionalmente equivalentes que posean intensidades materiales reducidas (bienes desmaterializados) en el mercado. Para este autor, la desmaterialización no sólo significa renunciar al uso de algunos bienes o servicios, ni tampoco implica que los productos "naturales" tales como la madera o las rocas son inequívocamente mejores que aquellos "artificiales" o "químicos", y sobre todo, no significa que siempre y en todos los casos la energía solar es preferible al petróleo o al carbón.

Las tecnologías desmaterializadas deberían producir más unidades de servicio con una constante o descendente cantidad de materiales. Pero el concepto de desmaterialización es un tanto delicado y requiere un análisis más profundo. Para esto vamos a analizar la llamada "Paradoja de Jevons" (Polimeni, et al., 2008), la cual establece que la relación entre las entradas y salidas, es decir la **eficiencia**, en el uso de un recurso lleva, en el mediano o largo plazo a un incremento en el uso de los recursos en lugar de una reducción. En su libro "The Coal Question" (1865) plantea esta cuestión en relación con el uso de carbón como combustible, donde el aumento de la eficiencia de los motores llevaba a un mayor consumo total del mismo en los usos establecidos así como también a la expansión de los posibles usos del carbón en las actividades humanas (Giampietro y Mayumi, 2008).

Así como la Paradoja de Jevons puede aplicarse al consumo de recursos en general, podemos aplicarla también a la agricultura. Señalamos previamente (Capítulo 3) que la

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Revolución Verde había sido propuesta como la solución para el hambre mundial, a partir de duplicar la eficiencia en la producción de alimentos. La eficiencia y por lo tanto, los rendimientos, efectivamente son hoy mucho mayores, pero lamentablemente ha empeorado el problema de la escasez de alimentos debido a un aumento en la cantidad de población humana, la mayor fracción de productos animales en la dieta y el número absoluto de personas desnutridas (Giampietro, 1994). Otro ejemplo que ilustra la paradoja es que al duplicar el número de carreteras se empeoran las condiciones de tránsito debido a una mayor utilización de vehículos privados (Newman, 1991, citado por Giampietro y Mayumi, 2008). También cuando se aumenta la cantidad de kilómetros que puede viajar un auto por litro de combustible, se hacen viajes más largos; también, según Khazoom (1987), los refrigeradores son cada vez más eficientes, pero también más grandes. Todos estos ejemplos están relacionados con el problema de decidir cómo tomar ventaja de los incrementos en eficiencia. Este problema está generado por la existencia de diferentes niveles jerárquicos en los cuales se lleva a cabo la implementación de políticas.

Un último ejemplo: el cambio de una lámpara incandescente a una de bajo consumo permitirá a los hogares de una sociedad pagar un abono mensual más bajo por el uso de electricidad. Como resultado, estas familias pueden disponer de dinero para gastar en otro destino, es decir, el dinero ahorrado ahora será gastado en otras actividades. Esto significa que a nivel de la sociedad los beneficios obtenidos con la eficiencia serán trasladados a otro sector y serán utilizados para ampliar el espacio potencial de consumo (Giampietro y Mayumi, 2008). Estos autores plantean que el Estado debe introducir algún tipo de impuesto proporcional al ahorro para reservar ese dinero. Por mi parte, considero que si realmente se quiere lograr una disminución en la utilización de recursos, esta debe ser una decisión que comience a nivel individual.

Mientras las personas continúen equiparando el crecimiento económico con la riqueza material, no será posible pensar en un cambio en la economía. El cambio estructural necesario nunca podrá ocurrir hasta que comencemos a preguntarnos diariamente qué es lo que realmente queremos, realmente necesitamos, para qué y por qué (Schmidt-Bleek, 1993), ya que de esta manera seremos más conscientes de aquello que utilizamos.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Como señala Berry (2002): "Lo primero que tenemos que comenzar a enseñar a nuestros hijos (y aprender nosotros mismos) es que no podemos gastar y consumir ilimitadamente. Hemos de aprender a ahorrar y conservar. Es verdad que necesitamos una "nueva economía", pero una que se base en la frugalidad y el cuidado, en el ahorro y la conservación, no en el exceso y el despilfarro. Una economía basada en el despilfarro es violenta, y la guerra constituye su subproducto necesario. Necesitamos una economía de paz".

Por último, es importante señalar cuáles son las limitaciones de este método, para lo cual nos basamos en el análisis realizado por Schmidt-Bleek (1993):

1. El concepto de MFA no tiene en cuenta la cantidad de tierra utilizada para las actividades industriales, agrícolas o forestales. Esto es muy importante para tener una noción de que la cantidad de superficie disponible del planeta es limitada. El indicador que se encarga de hacer esta contabilización es la "huella ecológica". Esta idea fue introducida por Wackernagel y Rees (1996) y se refiere al impacto que un individuo, una ciudad o un país origina sobre el planeta debido a su consumo de productos y servicios de la naturaleza. Este impacto corresponde a la cantidad de "ambiente" que utiliza para vivir, contabilizando las áreas necesarias para proveer los recursos a las personas y para la absorción de sus desechos (Wackernagel, et al., 1999).

2. Este enfoque tampoco tiene en cuenta la toxicidad ambiental de los materiales circulantes. Es necesario combinar el MFA con una cuantificación de los riesgos eco-toxicológicos que generan los materiales utilizados en los procesos, ya que los impactos en la salud humana y de los ecosistemas genera nuevas circulaciones de materiales. Por ejemplo, en el caso de los sistemas agrícolas, sabemos que la gran cantidad de agroquímicos utilizados origina enfermedades y trastornos en la población humana, la cual debe atenderse en hospitales y esto a su vez genera mayores gastos de materiales. Además, son muy difíciles de medir las consecuencias de los impactos de los tóxicos en los ecosistemas, pero es muy probable que conlleven a una mayor circulación de energía y materiales, ya sea para mitigarlos o para remediarlos.

3. Parece apropiado pensar que las posibilidades de supervivencia de una especie

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

están relacionadas con la intensidad en el uso del suelo y los recursos, y esto está directamente conectado con la biodiversidad, la cual tampoco es contabilizada con el enfoque MFA. No podemos dejar de lado que la utilización de materiales por la economía de una sociedad tiene cierta relación con la extinción de especies.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

4.3 Resultados y Discusión: ENERGÍA INCORPORADA

En el Capítulo 2 explicamos la obtención de los resultados del Método de Energía Incorporada: los valores de entrada al sistema se multiplican por los Equivalentes de petróleo, los cuales son datos obtenidos de bibliografía disponible, seleccionando aquellos trabajos que hayan analizado sistemas productivos similares al de esta investigación. Multiplicando los valores por los equivalentes de petróleo se obtiene la demanda total de petróleo. Por último, la demanda energética total surge de multiplicar la demanda total de petróleo por 41860 J/g de petróleo equivalente. De esta manera, la demanda total de petróleo de cada una de las entradas se suma para obtener la demanda energética total de la producción de soja. La relación entre dicha demanda total y los kg de producto obtenido permite calcular la demanda energética por kg de soja.

En las **Tablas 10** y **11** se observa que la demanda energética total por hectárea de Charata (**Figura 17**) fue levemente inferior (2,14E+09 J) a la de Rojas (2,72E+09 J) (**Figura 18**). Lo mismo ocurre para la demanda total de petróleo: 5,13E+01 kg para Charata y 6,60E+01 kg para Rojas. Pero estas diferencias se anulan al calcular la variable intensiva "Equivalentes de Petróleo", obteniéndose el mismo valor de 0,02 kg de petróleo por kg de soja para ambas localidades; es decir, se requieren 0,02 kg de petróleo para producir 1 kg de soja. Este dato se obtiene dividiendo la demanda total de petróleo equivalente por los kg de soja producidos. Todos los cálculos fueron hechos para 1 hectárea.

Esto significa que la mayor demanda total de petróleo y de energía de Rojas se compensa con la mayor producción de soja.

A partir de esta tabla también puede obtenerse el índice EROI (**Energy Return on Investment**) el cual da una idea de la eficiencia del proceso; es decir, cuánta energía se obtiene en relación con la energía invertida. Este índice se obtiene dividiendo la cantidad de energía obtenida por hectárea (contenido energético de la soja) por la energía total invertida en una hectárea de cultivo.

En este caso el valor de EROI obtenido para Charata fue de 18,3 J por cada J invertido, mientras que para Rojas el valor fue mayor, de 20,8 J. Esto se explica por los

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

mayores rendimientos por hectárea de Rojas, mientras que la energía invertida, si bien es levemente mayor en esta localidad por el uso de fertilizantes, es bastante similar en los dos sitios de estudio. Si sólo tenemos en cuenta este resultado podría parecer que la producción en Rojas es más eficiente, pero sólo estamos teniendo en cuenta la energía comercial. Además, el método no incluye el combustible utilizado en el transporte desde Charata hasta Rosario, lo cual daría una eficiencia todavía menor para Charata.

	Flujo	Unidades	Valor	Eq. Petróleo (kg petr./ unidad)	Referencias para Eq. de petróleo	Demanda total de petróleo (Kg de Petr. Eq.)	Demanda energética total (J)
1	Radiación solar	J	5,43E+13	*			
2	Precipitaciones (Potencial Químico)	Kg	5,24E+10	*			
3	Nitrógeno (N2) fijado de la atmósfera	Kg	6,00E+01	*			
4	Pérdida neta de materia orgánica del suelo	Kg	1,70E+04	*			
5	Combustible	Kg	25,7	1,10	[a]	2,83E+01	1,18E+09
6	Electricidad	J	2,55E+07	6,97E-08	[a]	1,78E+00	7,44E+07
7	Agua para pulverización de agroquímicos	Kg	0,40E+03	*			
8	Semillas	Kg	6,90E+01	0,09	[a]	6,21E+00	2,60E+08
9	Fosfato (PO4)	Kg	0,00E+00	0,31	[a]	0,00E+00	0,00E+00
10	Azufre (S)	Kg	0,00E+00	+		0,00E+00	0,00E+00

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

11	Fungicidas	Kg	4,60E-01	1,27	[a]	5,84E-01	2,45E+07
	Insecticidas	Kg	5,00E-01	1,27	[a]	6,35E-01	2,66E+07
12	Herbicidas	Kg	4,2	2,17	[a]	9,11E+00	3,82E+08
13	Maquinaria Agrícola (acero)						
	Tractores	Kg	0,91	1,91	[b]	1,74E+00	7,28E+07
	Cosechadora	Kg	1,07	1,91	[b]	2,04E+00	8,55E+07
	Sembradora	Kg	0,13	1,91	[b]	2,48E-01	1,04E+07
	Pulverizadora	Kg	0,32	1,91	[b]	6,11E-01	2,56E+07
14	Trabajo Humano	J	1,50E+06	*			
15	Servicios Anuales en la Producción Agrícola	$	9,76E+02	*			
	Output						
16	Soja (mat. seca)	Kg	2307	0,02	Este estudio	5,13E+01	2,14E+09

Tabla 10: Análisis de Energía Incorporada para Charata. Referencias para equivalentes de petróleo: [a] Cavalett, 2008, [b] Franzese, 2013. (*) No existe factor equivalente de petróleo para este ítem a esta escala. (+) No se encuentra disponible el dato para este ítem.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

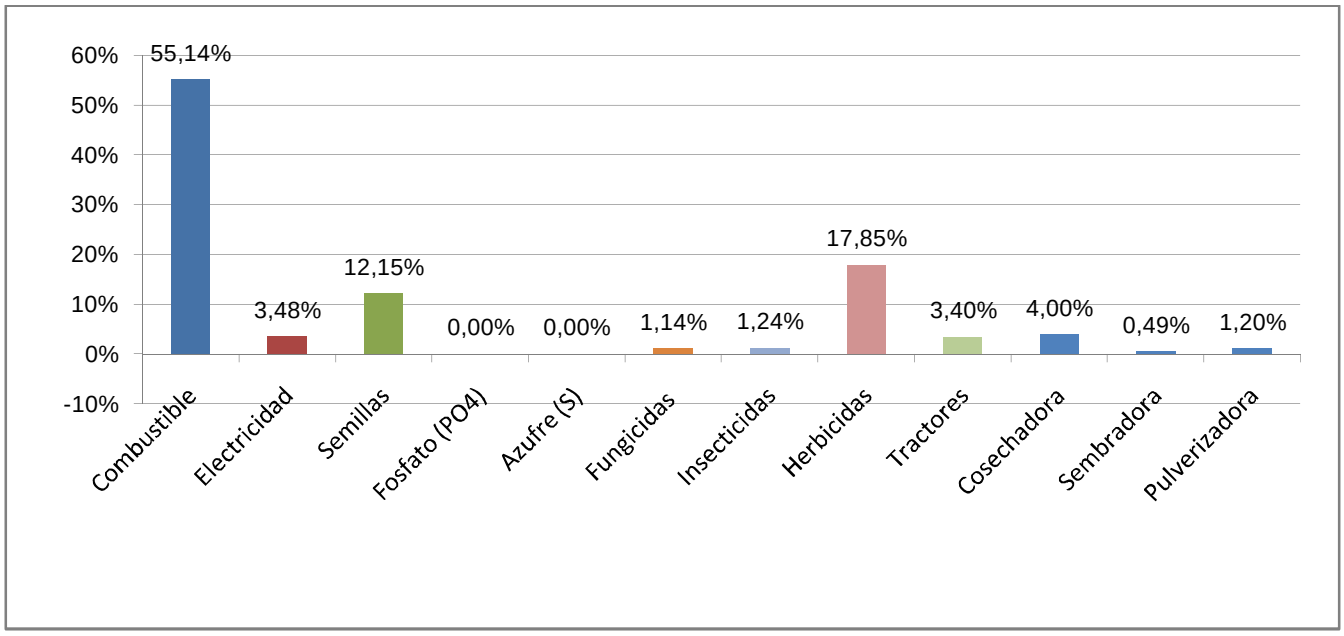


Figura 17: Contribución a la demanda de energía total de cada entrada en Charata

	Flujo	Unidades	Valor	Eq. Petróleo (kg petr. / unidad)	Referencias para Eq. de petróleo	Demanda total de petróleo (Kg de Petr. Eq.)	Demanda energética total (J)
1	Radiación solar	J	5,90E+09	*			
2	Precipitaciones (Potencial Químico)	Kg	1,13E+07	*			
3	Nitrógeno (N2) fijado de la atmósfera	Kg	6,00E+01	*			
4	Pérdida neta de materia orgánica del suelo	Kg	1,70E+04	*			
5	Combustible	Kg	26,2	1,10	[a]	2,88E+01	1,21E+09
6	Electricidad	J	1,60E+07	6,97E-08	[a]	1,11E+00	4,67E+06

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

7	Agua para pulverización de agroquímicos	Kg	0,40E+03	*			
8	Semillas	Kg	6,90E+01	0,09	[a]	6,21E+00	2,60E+08
9	Fosfato (PO4)	Kg	4,30E+01	0,31	[a]	1,33E+01	5,58E+08
10	Azufre (S)	Kg	2,10E+01	+			
11	Fungicidas	Kg	3,00E-01	1,27	[a]	3,81E-01	1,59E+07
	Insecticidas	Kg	5,00E-01	1,27	[a]	6,35E-01	2,66E+07
12	Herbicidas	Kg	5,00E+00	2,17	[a]	1,09E+01	4,54E+08
13	Maquinaria Agrícola (acero)						
	Tractores	Kg	0,91	1,91	[b]	1,74E+00	7,28E+07
	Cosechadora	Kg	1,07	1,91	[b]	2,04E+00	8,55E+07
	Sembradora	Kg	0,13	1,91	[b]	2,48E-01	1,04E+07
	Pulverizadora	Kg	0,32	1,91	[b]	6,11E-01	2,56E+07
14	Trabajo Humano	J	1,50E+06	*			
15	Servicios Anuales en la Producción Agrícola	$	1,12E+03	*			
	Output						
16	Soja (mat. seca)	Kg	3323	0,02	Este estudio	6,60E+01	2,72E+09

Tabla 11: Análisis de Energía Incorporada para Rojas. Referencias para equivalentes de petróleo: [a] Cavalett, 2008, [b] Franzese, 2013. (*) No existe factor equivalente de petróleo para este ítem a esta escala. (+) No se encuentra disponible el dato para este ítem.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

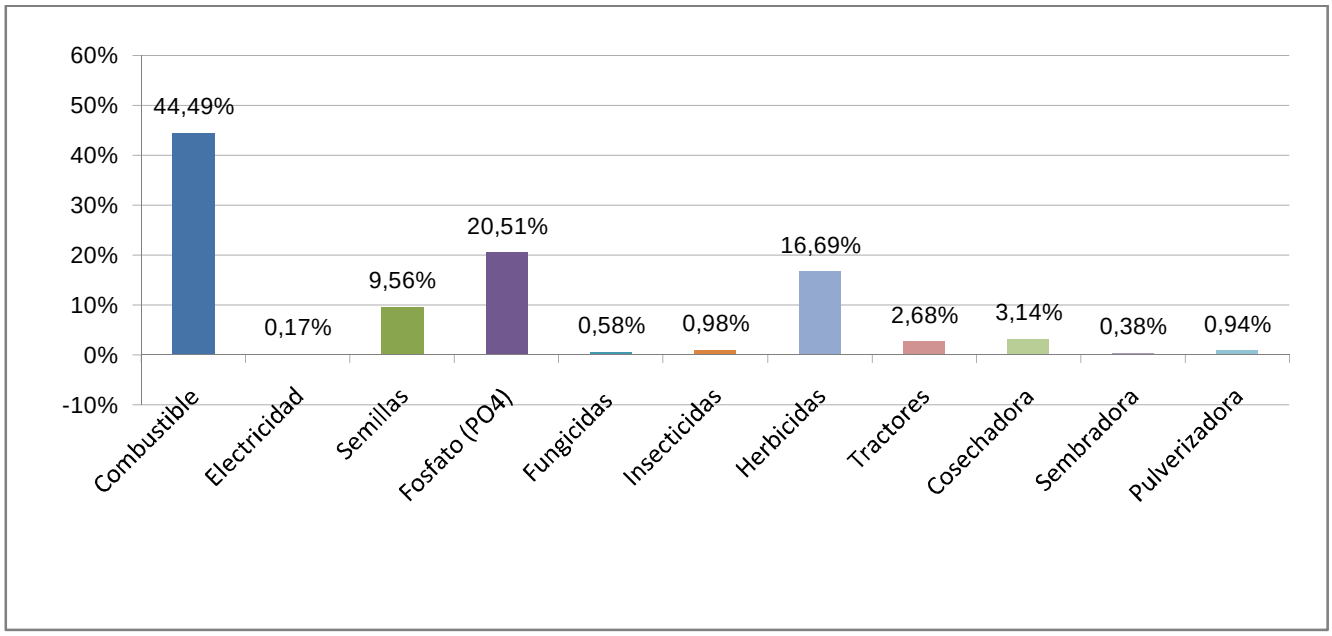


Figura 18: Contribución a la demanda de energía total de cada entrada en Rojas

En la **Tabla 12** se muestra un resumen de los valores obtenidos en ambas localidades

	CHARATA	**ROJAS**
Demanda energética total (J)	2,14E+09	2,72E+09
Demanda total de petróleo (kg)	5,13E+01	6,60E+01
Equivalente de petróleo soja (kg petróleo/ kg soja)	0,02	0,02
EROI (Jobtenidos/ Jinvertidos)	18,3	20,8

Tabla 12: Comparación entre ambos sitios de estudio para los cálculos de energía incorporada

Según la Bolsa de Cereales, la producción total de soja en Argentina en el período analizado fue de aproximadamente 55 millones de toneladas. Si por cada kg de soja se utilizan 0,02 kg de petróleo, podríamos estimar que para toda la producción de ese año se requirieron 1,1 millones de toneladas de petróleo equivalente.

Hay que tener en cuenta también que sólo estamos contabilizando la energía utilizada en el predio pero no estamos incorporando al análisis el transporte (con su

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

correspondiente consumo de combustible) de los granos una vez que abandonan el predio. Con respeto a este tema existe una diferencia muy importante entre ambos sitios de estudio que está relacionada con la distancia a los puertos de exportación. En el caso de Rojas, los granos deben viajar aproximadamente 170 km hasta Rosario, mientras que la distancia a esta ciudad desde Charata es de alrededor de 815 km. En el próximo capítulo discutiremos las implicancias de estas diferencias, pero podemos adelantar que esto tendrá consecuencias en las decisiones tomadas por los productores.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

4.4 Resultados y Discusión EMISIONES GLOBALES

A partir de la **Tabla 13** se obtiene que en Charata las mayores emisiones globales de CO_2 correspondena la oxidación del suelo erosionado, que representa el 84,5%. El segundo lugar lo ocupa el gasoil, con casi un 10%. Por último se encuentran los herbicidas, con poco más del 3%. El resto de los inputs contribuyen poco en comparación con los anteriores, sumando todas menos de un 3% al total (**Figura 19**). En Rojas (**Tabla 15**) la mayor cantidad de CO_2 también es emitida por la oxidación del suelo, con 80%, siguen en importancia las emisiones generadas por el gasoil, con un 9%. Por último se encuentran los fertilizantes fosfatados (4,6%) y los herbicidas (3,75%) (**Figura 20**). La emisión de CO_2 supera a la de los demás gases de invernadero, siendo más importantes las emisiones por hectárea en ambas localidades (**Tabla 14 y 16**).

Es importante destacar la importancia de la erosión del suelo en relación a las emisiones de CO_2, ya que los altos valores encontrados están dando una idea de los impactos de este tipo de agricultura en los suelos. Por esta razón es tan importante mantener biomas con vegetación capaz de absorber el CO_2 emitido por las actividades agrícolas.

#	Flujo	unidades	Valores	Demanda energética (J)	Flujos de emisiones Globales						
					CO_2 Global ($g\ CO_2$)	CO Global (g CO)	NO_x Global ($g\ NO_x$)	SO_2 Global ($g\ SO_2$)	PM_{10}	N_2O Global ($g\ N_2O$)	CH_4 Global ($g\ CH_4$)
Inputs No renovables (localmente disp.)											
7	CO2 de la oxidación del suelo				7,14E+05						
Inputs Importados											
8	Nafta (sin plomo)	g/ha/yr	5,00E+02	2,30E+07	1,59E+03	1,19E+02	1,27E+01	8,25E-02	1,50E-02	1,58E-01	-
9	Gasoil	g/ha/yr	2,52E+04	1,15E+09	7,96E+04	2,76E+02	8,83E+02	0,50E+00	4,38E+01	3,43E+00	1,39E+00
11	Electricidad	J/ha/yr	2,55E+07	7,44E+07	3,85E+03	1,34E+00	9,23E+00	4,47E+00	6,22E-01	2,09E-02	1,19E-01
	Nitrógeno (N)	g/ha/yr	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

	Fosfato (PO4)	g/ha/yr	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	Azufre (S)	g/ha/yr	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
15	Fungicidas	g/ha/yr	4,60E+02	2,45E+07	1,80E+03	1,23E-01	5,39E+00	3,68E+00	4,90E-01	1,47E-02	7,35E-02
16	Insecticidas	g/ha/yr	5,00E+02	2,66E+07	1,95E+03	1,33E-01	5,85E+00	3,99E+00	5,32E-01	1,60E-02	7,98E-02
17	Herbicidas	g/ha/yr	4,20E+03	3,82E+08	2,80E+04	1,91E+00	8,40E+01	5,73E+01	7,64E+00	2,29E-01	1,15E+00
18	Maquinaria Agrícola (acero)										
	Tractores	g/ha/yr	9,10E+02	7,28E+07	5,34E+03	3,64E-01	1,60E+01	1,09E+01	1,46E-00	4,37E-02	2,18E-01
	Cosechadora	g/ha/yr	1,07E+03	8,55E+07	6,27E+03	4,28E-01	1,88E+01	1,28E+01	1,71E+00	5,13E-02	2,57E-01
	Sembradora	g/ha/yr	1,26E+02	1,04E+07	7,62E+02	5,20E-02	2,29E+00	1,56E+00	2,08E-01	6,24E-03	3,12E-02
	Pulverizadora	g/ha/yr	3,21E+02	2,56E+07	1,88E+03	1,28E-01	5,63E+00	3,84E+00	5,12E-01	1,54E-02	7,68E-02
Total				**1,87E+09**	**8,45E+05**	**3,99E+02**	**1,04E+03**	**9,91E+01**	**5,70E+01**	**3,99E+00**	**3,40E+00**

Tabla 13: Flujos de Emisiones Charata.

(*)No se encuentra disponible el dato para este ítem.

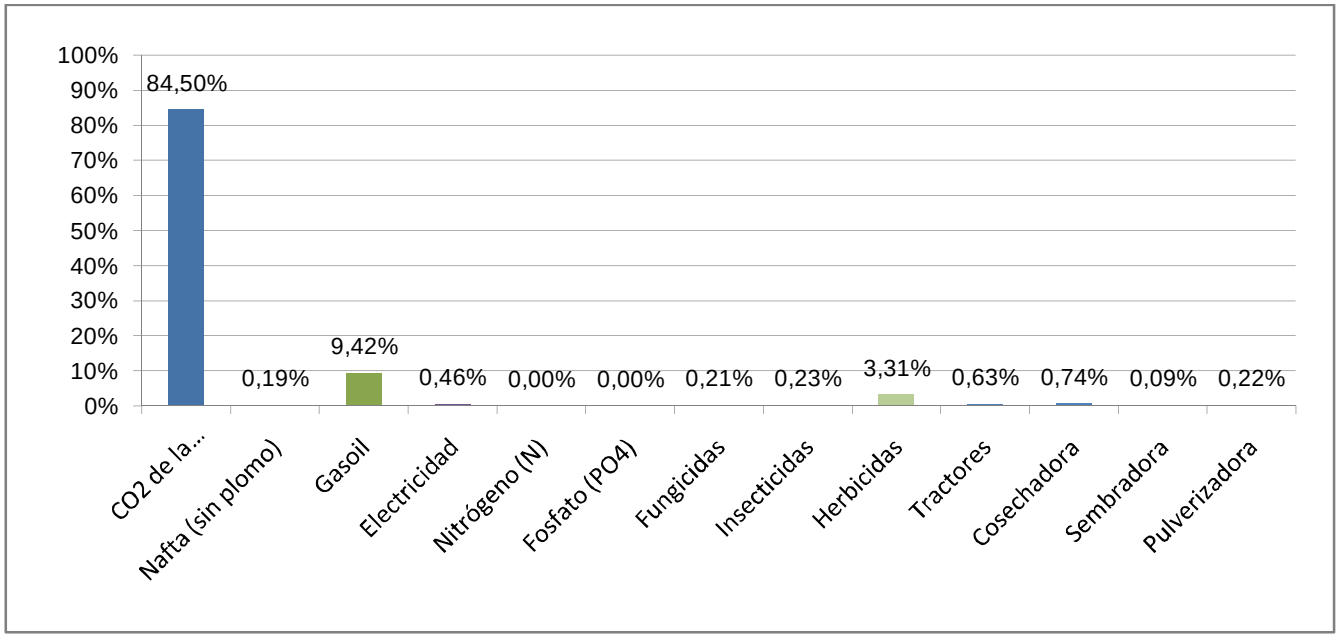


Figura 19: Porcentajes de emisiones de CO_2 de cada una de las entradas al sistema (Charata)

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

EMISIONES GLOBALES					
#	Emisiones por unidad monetaria ($)	Emisiones por unidad de área (ha)	Emisiones por unidad de materia seca (g)	Emisiones por unidad de contenido energético (J)	Emisiones por unidad de residuos (mat.seca) (g)
CO_2	3,31E+02	**8,45E+05**	3,31E-01	1,95E-05	2,21E+02
CO	1,73E-01	**3,99E+02**	1,73E-04	1,02E-08	1,15E-01
NOx	4,51E-01	**1,04E+03**	4,50E-04	2,65E-08	3,01E-01
SO_2	4,30E-02	**9,91E+01**	4,29E-05	2,53E-09	2,86E-02
PM_{10}	2,47E-02	**5,70E+01**	2,47E-05	1,45E-09	1,65E-02
N_2O	1,73E-03	**3,99E+00**	1,73E-06	1,02E-10	1,15E-03
CH_4	1,47E-03	**3,40E+00**	1,47E-06	8,67E-11	9,83E-04

Tabla 14: Emisiones globales Charata

#	Flujo	unidades	Valores	Demanda energética (J)	Flujos de emisiones Globales						
					CO_2 Global (g CO_2)	CO Global (g CO)	NO_x Global (g NO_x)	SO_2 Global (g SO_2)	PM_{10}	N_2O Global (g N_2O)	CH_4 Global (g CH_4)
Inputs No renovables (localmente disp.)											
7	CO2 de la oxidación del suelo				7,14E+05						
Inputs Importados											
8	Nafta (sin plomo)	g/ha/yr	1,00E+03	4,60E+07	3,18E+03	2,38E+02	2,55E+01	1,65E-01	3,00E-02	3,16E-01	-
9	Gasoil	g/ha/yr	2,52E+04	1,16E+09	7,96E+04	2,76E+02	8,83E+02	0,50E+00	4,38E+01	3,43E+00	1,39E+00
11	Electricidad	J/ha/yr	1,60E+07	4,67E+06	2,42E+02	8,41E-01	5,79E-01	2,81E-01	3,91E-02	1,31E-03	7,47E-03
	Nitrógeno (N)	g/ha/yr	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
	Fosfato (PO4)	g/ha/yr	4,30E+04	5,58E+08	4,09E+04	2,79E+00	1,23E+02	83,7E+00	11,16E+00	3,35E-01	1,67E+00
	Azufre (S)	g/ha/yr	2,10E+04	*	*	*	*	*	*	*	*
15	Fungicidas	g/ha/yr	3,00E+02	1,59E+07	1,17E+03	7,95E-02	3,50E+00	2,39E+00	3,18E-01	9,54E-03	4,77E-02
16	Insecticidas	g/ha/yr	5,00E+02	2,66E+07	1,95E+03	1,33E-01	5,85E+00	3,99E+00	5,32E-01	1,60E-02	7,98E-02
17	Herbicidas	g/ha/yr	5,00E+03	4,54E+08	3,33E+04	2,27E+00	9,99E+01	6,81E+01	9,08E+00	2,72E-01	1,36E+00
18	Maquinaria Agrícola (acero)										

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

	Tractores	g/ha/yr	9,10E+02	7,28E+07	5,34E+03	3,64E-01	1,60E+01	1,09E+01	1,46E-00	4,37E-02	2,18E-01
	Cosechadora	g/ha/yr	1,07E+03	8,55E+07	6,27E+03	4,28E-01	1,88E+01	1,28E+01	1,71E+00	5,13E-02	2,57E-01
	Sembradora	g/ha/yr	1,26E+02	1,04E+07	7,62E+02	5,20E-02	2,29E+00	1,56E+00	2,08E-01	6,24E-03	3,12E-02
	Pulverizadora	g/ha/yr	3,21E+02	2,56E+07	1,88E+03	1,28E-01	5,63E+00	3,84E+00	5,12E-01	1,54E-02	7,68E-02
Total				**2,46E+09**	**8,89E+05**	**5,21E+02**	**1,18E+03**	**1,88E+02**	**6,88E+01**	**4,50E+00**	**5,14E+00**

Tabla 15: Flujos de emisiones Rojas.

(*)No se encuentra disponible el dato para este ítem.

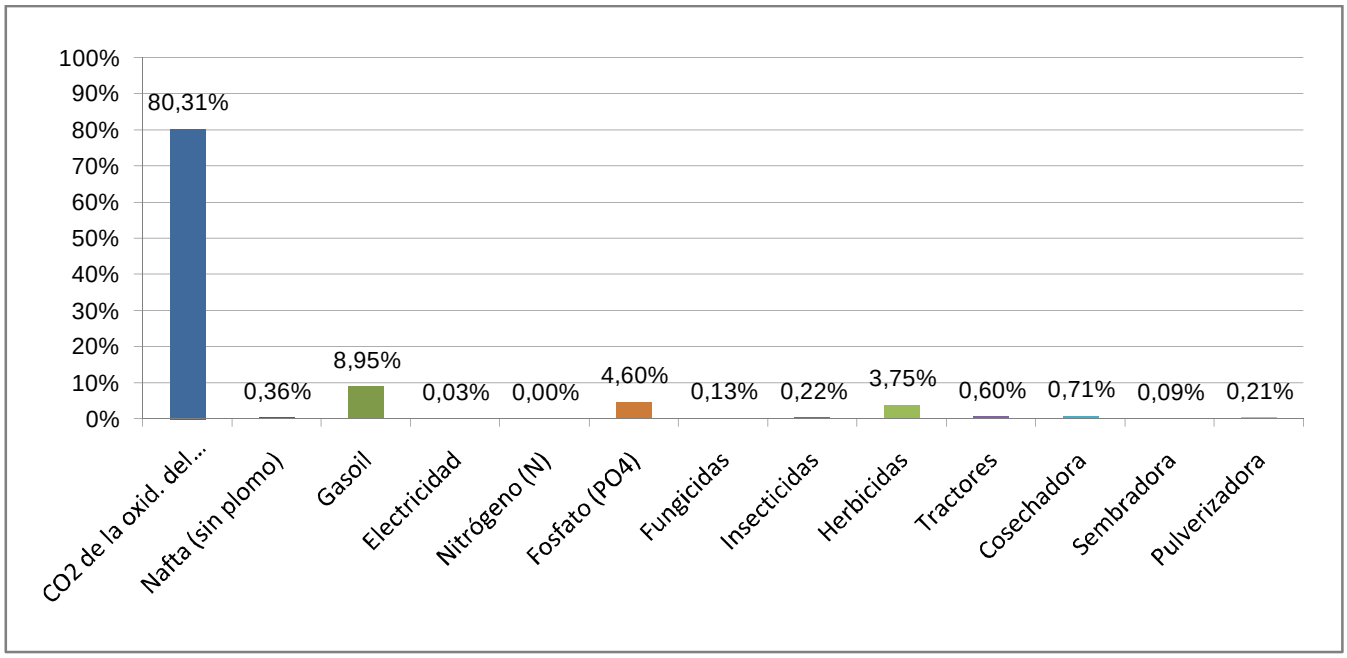


Figura 20: Porcentajes de emisiones de CO_2 de cada una de las entradas al sistema (Rojas)

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

EMISIONES GLOBALES					
#	Emisiones por unidad monetaria ($)	Emisiones por unidad de área (ha)	Emisiones por unidad de materia seca (g)	Emisiones por unidad de contenido energético (J)	Emisiones por unidad de residuos (mat.seca) (g)
CO_2	2,43E+02	**8,89E+05**	2,43E-01	1,43E-05	1,62E+02
CO	1,57E-01	**5,21E+02**	1,57E-04	9,22E-09	1,05E-01
NOx	3,55E-01	**1,18E+03**	3,55E-04	2,09E-08	2,37E-01
SO_2	5,66E-02	**1,88E+02**	5,66E-05	3,33E-09	3,77E-02
PM_{10}	2,07E-02	**6,88E+01**	2,07E-05	1,22E-09	1,38E-02
N_2O	1,35E-03	**4,50E+00**	1,35E-06	7,96E-11	9,03E-04
CH_4	1,55E-03	**5,14E+00**	1,55E-06	9,10E-11	1,03E-03

Tabla 16: Emisiones globales Rojas

Al comparar las emisiones globales en Charata y Rojas, surgen algunas diferencias, más o menos notables según se expresen por unidad monetaria, de superficie, etc. **(Tablas 17 a 21)**

Tabla 17: Emisiones por unidad monetaria ($)

Según todos los productores entrevistados el precio de venta de una tonelada de soja en el año analizado fue de $1000. Para todos los contaminantes se observan valores algo mayores en Charata, aunque todos son del mismo orden de magnitud. Es lo mismo que pensar que por cada peso invertido en la producción de soja se emiten más contaminantes en Charata que en Rojas. Esto se debe a que, al producir más kg de soja por hectárea en Rojas, ganan más dinero, pero con emisiones similares de cada contaminante.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

	CHARATA	ROJAS
CO_2	3,31E+02	2,43E+02
CO	1,73E-01	1,57E-01
NOx	4,51E-01	3,55E-01
SO_2	4,30E-02	5,66E-02
PM_{10}	2,47E-02	2,07E-02
N_2O	1,73E-03	1,35E-03
CH_4	1,47E-03	1,55E-03

Tabla 17: Emisiones por unidad monetaria ($)

Tabla 18: Emisiones por unidad de área (ha)

En este caso también son mayores todos los contaminantes en Rojas, pero las diferencias son un poco más grandes. En este caso, por cada hectárea cultivada con soja, en Rojas se generan más emisiones de todos los contaminantes. Esto puede deberse a la utilización de mayor cantidad de insumos, representada por los fertilizantes, y que las parcelas en esta localidad son menores que en Charata.

	CHARATA	ROJAS
CO_2	7,64E+05	8,06E+05
CO	3,99E+02	5,21E+02
NOx	1,04E+03	1,18E+03
SO_2	9,91E+01	1,88E+02
PM_{10}	5,70E+01	6,88E+01
N_2O	3,99E+00	4,50E+00
CH_4	3,40E+00	5,14E+00

Tabla 18: Emisiones por unidad de área (ha)

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Tabla 19: Emisiones por unidad de materia seca (g)

En esta tabla los valores son muy similares pero con pequeñas diferencias, algunas mayores para Charata y otras para Rojas. Debemos recordar que los rendimientos por hectárea son mayores en Rojas, por lo tanto eso podría explicar que algunas emisiones sean menores que en Charata.

	CHARATA	ROJAS
CO_2	3,31E-01	2,43E-01
CO	1,73E-04	1,57E-04
NOx	4,50E-04	3,55E-04
SO_2	4,29E-05	5,66E-05
PM_{10}	2,47E-05	2,07E-05
N_2O	1,73E-06	1,35E-06
CH_4	1,47E-06	1,55E-06

Tabla 19: Emisiones por unidad de materia seca (g)

Tabla 20: Emisiones por unidad de contenido energético (J)

Aquí se observa variabilidad en los resultados, siendo algunos valores mayores para Charata y otros mayores para Rojas. Sabemos que la utilización de fertilizantes en esta última genera más emisiones que en Charata, pero por otro lado los rendimientos por ha son menores. Por esta razón es posible que en la división estas diferencias se compensen dando los resultados observados.

	CHARATA	ROJAS
CO_2	1,95E-05	1,43E-05
CO	1,02E-08	9,22E-09
NOx	2,65E-08	2,09E-08
SO_2	2,53E-09	3,33E-09
PM_{10}	1,45E-09	1,22E-09
N_2O	1,02E-10	7,96E-11
CH_4	8,67E-11	9,10E-11

Tabla 20: Emisiones por unidad de contenido energético (J)

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Tabla 21: Emisiones por unidad de residuos (g)

En este caso podría estar ocurriendo lo mismo que en la tabla anterior

	CHARATA	ROJAS
CO_2	2,21E+02	1,62E+02
CO	1,15E-01	1,05E-01
NOx	3,01E-01	2,37E-01
SO_2	2,86E-02	3,77E-02
PM_{10}	1,65E-02	1,38E-02
N_2O	1,15E-03	9,03E-04
CH_4	9,83E-04	1,03E-03

Tabla 21: Emisiones por unidad de residuos (g)

De los contaminantes analizados, los tres primeros que aparecen en las tablas son GEI, siendo el más abundante el CO_2 en ambas localidades estudiadas. Además, este gas es tomado como materia prima por la vegetación para construir su biomasa, por eso es tan importante conservar biomas tales como los bosques, los cuales funcionan como sumideros de carbono.

Cada tipo de bosque captura una cantidad particular de CO_2 por unidad de superficie. Dado que contamos con el dato de emisiones totales de este gas originadas por la producción de soja, podemos calcular qué superficie de bosque nativo sería necesaria para absorberlas. Al buscar este dato en la bibliografía disponible surge el problema de que no se ha medido la capacidad de captura en el bosque chaqueño, la cual depende de un conjunto de variables del árbol y del bosque y requiere el empleo de métodos complejos para el cálculo (IPCC, 2000). Por lo tanto luego de analizar los trabajos realizados en bosques del mundo, se eligió un valor máximo y otro mínimo para realizar los cálculos (Wofsy et al., 1993; Goulden et al., 1996; Baldocchi et al., 1998; Chen et al., 1998, Schmid et al., 2000, IPCC 2000). Los valores mínimo y máximo de captura de CO_2 son 5,87E+06 g CO2/ha/año y 1,55E+07 g CO_2/ha/año, respectivamente. Con el objetivo de analizar el peor escenario, consideramos la emisión del cultivo de soja en Rojas (8,89E+05 g CO_2/ha/año).

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Entonces, para absorber las emisiones de CO_2 originadas por la producción de 1 ha de soja se necesitan entre 0,15 y 0,06 hectáreas de bosque, según su productividad neta. Es muy probable que la tasa de captura del CO_2 de los bosques chaqueños se aproxime más al valor bajo, por las condiciones climáticas cálidas y secas, la estacionalidad y la relativamente baja cobertura foliar. Por lo tanto, podemos considerar que para las 313 ha de soja que se cultivan en Charata se necesitaría de la presencia de 46,95 ha de bosque para absorber sus emisiones.

Según un cálculo realizado por la Bolsa de Cereales (2012) durante la campaña 2009-2010, la superficie sembrada con soja en todo el país cubrió aproximadamente 20 millones de hectáreas. Tomando este dato y en base a nuestros cálculos podemos decir que las emisiones totales de dicha superficie serían **18 millones de toneladas de CO_2**. Para absorber esta cantidad de gas se necesitarían aproximadamente **3 millones de hectáreas de bosque**. Si bien estos cálculos se realizaron extrapolando los resultados obtenidos a escala local a una escala nacional, nos permiten dar una idea del impacto que genera este tipo de agricultura y ayudarnos a entender que las actividades realizadas por los seres humanos tienen siempre consecuencias. Sólo nos interesamos en el aumento de la superficie cultivada sin tener en cuenta que este avance ocurre a costa de los ecosistemas que mitigan el impacto originado por la actividad, y creyendo que las soluciones a estos problemas vendrán de la mano de la tecnología, cuando tal vez sería el momento de empezar a buscar modelos alternativos que utilicen una menor cantidad de insumos y que intenten ser más parecidos a los sistemas naturales, ideando nuevas herramientas para tomar decisiones sobre el manejo de los recursos naturales y la producción de alimentos.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

CAPÍTULO 5: Conclusiones

Hemos podido ver que desde los comienzos de la agricultura, cuando los seres humanos aprendieron distintas maneras de utilizar la naturaleza para obtener alimentos, ha comenzado un largo camino de transformaciones, tanto ecológicas o ambientales, como sociales, económicas y políticas.

También vimos a lo largo de este trabajo que un agroecosistema bajo el modelo de agricultura industrial es "creado" por el agricultor, quien determina que la composición del sistema posea escasa diversidad de plantas y animales; es decir, una estructura muy simplificada en comparación con un ecosistema natural. Se plantea que al reducir la competencia se canaliza la energía disponible exclusivamente hacia el cultivo, lo cual beneficiará al agricultor con mayores rendimientos. Es importante recordar que estos sistemas dependen totalmente de entradas en forma de energía y materiales, que hacen posible su continuidad en el tiempo. A su vez, producen un gran volumen de desechos que son exportados del sistema junto con los productos comercializados.

Pero también existen campesinos que plantean un manejo muy diferente: diversifican los cultivos al máximo posible para hacer un uso más eficiente de la luz, el agua y los nutrientes a partir del cultivo de plantas con distintos requerimientos de dichos factores, algunos de los cuales son limitantes. Esto permite producir más cantidad por hectárea, aportar más nitrógeno al suelo por la inclusión de leguminosas, mejor cobertura del suelo, control de plagas y supresión de malezas (Altieri, 1987, citado por Worster, 2008).

En esta tesis se demuestra que el cultivo industrial de soja es muy demandante de energía y materiales, aun a escala de productor mediano, ya sea que se empleen todos los insumos requeridos, como ocurre en Rojas, o se descarten algunos, como ocurre con los fertilizantes en Charata. En ambos casos las emisiones de gases de invernadero son altas. Es de esperar que el impacto de los cultivos a gran escala, los requerimientos energéticos y las emisiones de gases de invernadero, sean aún superiores.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

5.1 Ventajas y limitaciones del método SUMMA

En el Capítulo 3 vimos que el sistema agrícola industrial requiere una gran cantidad de insumos externos, la mayor parte de los cuales son no renovables y adquiridos por dinero. Además planteamos que estas prácticas productivas intensivas pueden originar impactos tales como pérdida de la capacidad productiva de los suelos (disminución de nutrientes, erosión, salinización, desertificación), contaminación de agua, pérdida de ecosistemas nativos que funcionan como sumideros de carbono, desarrollo de resistencias, pérdida de variabilidad genética de los cultivos, pérdida de saberes tradicionales adaptados a las condiciones ambientales locales, entre otros que comentamos a lo largo de este trabajo.

Las metodologías utilizadas proveen información sobre estos impactos, permitiéndonos conocer cuáles son las entradas al sistema que poseen mayor gasto ambiental, más carga de materiales y mayor gasto de energía comercial, a partir de lo cual podría pensarse en modificar algunas partes del proceso. Por otro lado, a partir de las emisiones de contaminantes y, sobre todo, de dióxido de carbono, pudimos obtener una idea aproximada de la cantidad de bosque nativo que se requiere para capturar el CO_2 generado por esta actividad. Además, al tener valores de gasto emergético, de materiales y de energía por kg de soja producido, pudimos obtener los valores aproximados a nivel nacional para la producción total de soja de la campaña analizada. De esta manera, si este análisis se realizara cada año, se podría tener una idea de las tendencias, pudiéndose hacer también proyecciones a futuro.

Por ejemplo, con respecto a la emergía vimos que la mayor carga ambiental se encuentra en los servicios anuales de la producción agrícola, seguida por las precipitaciones y la pérdida de materia orgánica del suelo. A partir de estos resultados podríamos pensar de qué manera reducir los valores emergéticos, lo cual podría lograrse utilizando menos servicios provistos por el sistema económico, como por ejemplo disminuir la utilización de agroquímicos o reemplazarlos por otras alternativas menos costosas ambientalmente. También este análisis nos alerta sobre la importancia de la

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

contribución de los recursos naturales tales como las precipitaciones y la materia orgánica del suelo.

En cuanto a la utilización de materiales, la mayor carga se encuentra en la masa abiótica requerida para la producción, y el factor más importante es nuevamente la pérdida de materia orgánica del suelo. Nos referimos anteriormente al concepto de "suelo virtual" como todos los nutrientes que se van con el cultivo cuando éste se cosecha, y este análisis contribuye a la necesidad de tener en cuenta este recurso no renovable en tiempos humanos.

Por último, en el análisis de energía incorporada pudimos ver que los combustibles constituyen el gasto más importante de energía en ambas localidades, seguido por los herbicidas y las semillas en el caso de Charata y por los fertilizantes y los herbicidas en Rojas. Nuevamente, la mayor carga del proceso se encuentra en las contribuciones del sistema económico, las cuales podrían disminuirse con la utilización de fertilizantes orgánicos en lugar de fertilizantes sintéticos, en los cuales es posible que la carga de materiales y energía para producirlos sea menor, cambiar el uso de agroquímicos por otro tipo de controles, de forma tal de reducir los impactos por contaminación en la salud de los ecosistemas y las poblaciones, además de reducir gastos, entre otras posibilidades. Es claro que sería necesario realizar estudios comparativos en los cuales se evalúen detalladamente las consecuencias de estos cambios propuestos, pero teniendo como punto de partida la información obtenida con este método.

En resumen, la información obtenida confirma la idea de que un sistema productivo con la importante cantidad de impactos que está presentando el actual no puede considerarse como sustentable en el largo plazo. Sería importante evaluar si los cambios propuestos para reducirlos realmente implican mejoras significativas, o simplemente será necesario comenzar a evaluar otro tipo de prácticas agrícolas.

La principal limitación de los métodos aplicados en esta tesis es la pobreza de la información disponible. Además, de los resultados de las encuestas surge que hay muchas problemáticas que son percibidas por los productores pero no son consideradas por el método SUMMA.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Con respecto a la captura de los datos utilizados en este trabajo, existen dos cuestiones a considerar. Por un lado, a nivel país es muy difícil contar con valores sobre los movimientos dentro del sistema agrícola, tanto económicos, como de energía o materiales. Si a escala nacional estos datos son bastante escasos, a nivel predial o regional son prácticamente inexistentes. También debemos tener en cuenta que al momento de entrevistar a los productores acababa de realizarse el Censo Nacional Agropecuario del 2008 y desde los mismos encuestadores se planteaba la poca confiabilidad de los datos obtenidos. Una de las principales razones de esta situación fue que recientemente se había producido un conflicto importante de intereses entre el campo y el gobierno nacional relacionado con el porcentaje de retenciones a la exportación. Sin entrar en detalles sobre dicha problemática, resulta evidente que tuvo una influencia muy importante en la información que los productores estaban dispuestos a proporcionar para el censo. Con respecto a las retenciones del 35% a la exportación de soja, un productor de Rojas plantea: "no sé si a la soja hay que bajarle las retenciones, por ahí hay que tratar de hacer más rentables los otros cultivos para salir de la soja". Por otro lado, un agricultor de Charata cree que debería existir un tratamiento diferencial en cuanto a las retenciones para las provincias desde el norte de Santa Fe hasta Formosa, ya que sus condiciones de producción son peores, sumado a que los pequeños productores deberían pagar todavía menos que los grandes.

Este conflicto había ocurrido muy poco tiempo antes de recolectar los datos a campo, y es por eso que se mostraban un poco reticentes a conceder entrevistas y a proporcionar algunos datos, tales como la cantidad de trabajadores empleados y sus sueldos, rendimientos de la producción, compra de semillas, entre otros. Con respecto a esto último, también existe un problema relacionado con el pago de regalías a las empresas semilleras. En Argentina todavía no es obligatorio este pago, pero los productores manifestaron que no les está permitido guardar "bolsas blancas" (una parte de las semillas producidas que se siembran en la campaña siguiente) y sin embargo es una práctica tradicional que se realiza desde los inicios de la agricultura. Pero también comentan que sólo pueden guardarse por un par de años porque después ya no rinden igual y por eso se ven obligados a comprarlas nuevamente a las semilleras. Uno de los

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

productores entrevistados planteó que guardar "bolsas blancas" es una práctica común y que ellos las venden en negro, porque "si tuvieran que declarar todo, a fin de año prácticamente no nos quedarían ganancias debido al pago de impuestos".

En resumen, existen dudas acerca de la confiabilidad de los datos y por esta razón se utilizó el valor de Brasil (Cavalett, 2008; Franzese et al., 2013) para indicar cuántos kg de semillas se utilizan por hectárea. El precio se obtuvo de la empresa semillera Don Mario, la cual opera en ambas zonas de estudio. Si bien algunos años no se compran nuevas semillas, para realizar los cálculos se trabajó bajo el supuesto de una compra por campaña.

Un aspecto no considerado en el método, como comentamos en el capítulo anterior, es el costo monetario y energético del transporte a puerto. Una diferencia importante entre ambos sitios se relaciona con la distancia al puerto de exportación de granos: mientras que Rojas está a pocos kilómetros de Rosario (alrededor de 170 km) y cuenta con el acceso a dicha ciudad por medio de una autopista, el transporte desde Charata es mucho más costoso debido a la mayor distancia que debe recorrerse (815 km aproximadamente). Esta diferencia en el costo de transporte de los granos producidos no está incluida en el análisis emergético, ni en el de materiales o energía, porque ocurre fuera de los límites arbitrarios que se eligieron para el sistema en este trabajo, pero es importante tener en cuenta que debe contabilizarse dentro del ciclo de vida de la producción de soja. El valor aproximado de flete que pagaron los productores de Charata en la campaña analizada fue de $170 por tonelada de grano, incluyendo el transporte desde el campo al acopiador y desde éste a Rosario. Por lo tanto, el lote promedio de 313 ha estudiado en este trabajo, con un rendimiento de 2667 kg/ha, nos da un gasto de casi $144000. Comentan que el costo de transporte es el 20% de la ganancia, y a eso deben sumarle los gastos de siembra, cosecha, etc., por lo tanto plantean que hay años en los que los números no cierran, especialmente cuando se suman las malas condiciones climáticas, como la sequía experimentada en la campaña 2008-2009.

Las cuestiones climáticas son un tema recurrente planteado por los productores cuando comentan las problemáticas percibidas en la zona de Charata. Expresan que todos los años el clima es muy variable, con diferencias en las lluvias, en la cantidad de días con

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

heladas, etc., lo que ocasiona importantes riesgos y además origina rindes menores que los de zonas agrícolas como Buenos Aires o Córdoba. Los insumos en Charata son más caros que en Buenos Aires debido a la distancia, por eso los productores sostienen que su margen de ganancia es menor. Los insumos se compran generalmente con crédito abierto o "a cosecha", es decir, se adquieren y se pagan a los 6 meses, con un interés en dólares del 1,5% anual. Si el productor tuvo una mala cosecha no podrá afrontar los gastos y quedará endeudado para la próxima campaña. Esto implica que será difícil que vuelva a otorgársele crédito, con lo cual comienza un círculo vicioso de necesidad de trabajar el campo para pagar las deudas, pero sin contar con el capital necesario para hacerlo. Si esta situación perdura por más de dos años, es posible que el productor pierda su campo. Cabe aclarar que esto ocurre con los productores chicos, los cuales tienen poco acceso a créditos y no cuentan con un "colchón" de capital como para afrontar estas situaciones.

Con respecto a la desaparición de productores pequeños y medianos en Charata, los entrevistados manifiestan que cada día se van descapitalizando y empobreciendo, y junto con ellos muchos trabajadores de otros rubros quedan sin trabajo (obreros, camioneros, etc.). Consideran que a largo plazo las políticas actuales llevarán a la desaparición de los pequeños y medianos productores, de los cuales hoy ya quedan pocos. Ven que en la zona avanzan cada vez más los pooles de siembra. Dicen que si desaparecen los productores, quedan los obreros en la calle, los camioneros se quedan sin trabajo, y también disminuye la construcción. Plantean que el gobierno nacional debería dejar libre de retenciones al sorgo y el maíz para que los agricultores puedan volver a cuidar los suelos, que es lo más importante. Saben que hacer soja sobre soja agota el recurso suelo, pero debido a los precios internacionales, muchas veces descartan otra opción. Dicen que si bien no ganan mucho con la comercialización de sorgo y maíz estos cultivos permiten recuperar el suelo y transformar los granos en carne, lo cual genera varias salidas distintas para el productor chico. Ellos dicen que en este conflicto están defendiendo al productor mediano y chico, que son los que van a desaparecer, a su entender, si el Gobierno no cambia su manera de actuar. Por ejemplo, un productor que posee 45 ha plantea: "yo voy a una exposición y veo maquinaria de 40, 50 surcos [para sembrar soja en directa], mientras que una

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

sembradorita chica para que yo haga siembra directa no existe, parece que el colono chico tiene que morirse".

En relación a las cuestiones ambientales o ecológicas, para los habitantes de Charata las enormes poblaciones de palomas constituyen un problema grave (Addy Orduna et al., s/f), ya que de cada cosecha plantean que se pierde aproximadamente un 30%. Un productor de la zona comenta "Los controles naturales siempre fueron los zorros, caranchos y águilas, pero desde que algunos campesinos desesperados pusieron veneno, ya no se ven tanto estos depredadores, porque al comer la paloma muerta por el veneno, también se morían ellos. Ahora prohibieron poner veneno, pero no sabemos qué hacer con este problema". Es interesante descubrir las razones por las cuales ocurrió la explosión poblacional de estas aves. Existen varias hipótesis. Por ejemplo, sabemos que la siembra directa deja en el suelo no sólo el rastrojo del cultivo sino también granos, por lo tanto existiría una oferta de alimento durante todo el año, lo cual podría generar también un aumento poblacional. Según Bernardos (2010) en los últimos años el crecimiento exponencial experimentado por estas aves está relacionado con la expansión de la superficie agrícola, la presencia de montes cercanos a los cultivos y la disponibilidad de agua. Para este investigador las características ecológicas de las palomas medianas las hacen particularmente exitosas en su adaptación a los cambios en los agroecosistemas ya que poseen alta supervivencia, oportunismo para la reproducción y oportunismo dietario.

Por su parte, los productores de Rojas no hicieron mención de esta problemática. Comentamos anteriormente al referirnos a algunas limitaciones del método SUMMA, que el análisis no tiene en cuenta los ambientes sobre los cuales avanza la agricultura, ya que comienza a analizar el sistema con la producción ya instalada. Este es un ejemplo de información que se está perdiendo y que sería importante incluir en estudio futuros.

Con respecto a los rendimientos se observa que en Charata son menores que en Rojas (aproximadamente 1 tonelada de diferencia), y que los costos monetarios de producción (principalmente debido al transporte) son mayores. Esto podría estar relacionado con los tamaños de las parcelas: la superficie promedio de un predio destinado a soja en la localidad de Chaco fue 313 ha, mientras que en Rojas fue 75 ha. Si bien el

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

número total de productores muestreados es pequeño, se eligieron fincas representativas del sistema productivo de cada zona. Estas diferencias darían una idea de la necesidad de sembrar una extensión mayor para obtener ingresos equivalentes debido a los factores limitantes nombrados anteriormente, tales como disponibilidad de agua, suelos, distancia al puerto, costos de producción, etc.

El tema de los contratos de alquiler de los campos fue planteado por los productores de ambos sitios como una cuestión que debería controlarse. La gran mayoría de los contratos son por un año, lo cual origina un descuido de los suelos y una intensificación del monocultivo de soja basado en los altos precios internacionales. Un productor de Rojas comenta: "El gobierno no te pone un revólver y te dice que tenés que hacer soja, pero en las opciones que hay, la soja realmente es la que te permite seguir subsistiendo, en muchos casos. Esta zona la ventaja que tiene es que podemos hacer varias cosas, y por ahí nuestros campos se pueden bancar un poco más de soja. Pero en zonas marginales como el Chaco es más complicado. El tema es un manejo que me permita producir hoy y dentro de 50 años. Y creo que estamos bastante lejos de eso, en unas zonas peor que en otras. La gente que lo hace sabe lo que está haciendo [soja sobre soja], pero dice "o hago esto o me fundo"".

En resumen, los productores de Rojas plantean pocas problemáticas en relación a los de Charata, por lo tanto podríamos pensar que este sistema de agricultura industrial no funciona exactamente igual en distintas regiones. La producción agrícola en general está ligada a muchas variables imposibles de predecir y que actúan a diversas escalas espaciales y temporales, con cambios muy dinámicos año a año, y si a esto se suma que las condiciones están muy al límite, cualquier pequeña variación puede desestabilizar el sistema, tal como ocurre en Chaco. Los agricultores de esta región están constantemente pensando en su suelo y en las condiciones climáticas, porque cada año deben decidir y arriesgar todo en los cultivos que elijan hacer. En Rojas hay productores que cultivan soja sobre soja hace varios años y plantean que los rindes continúan altos. No saben por cuánto tiempo, porque son conscientes de que el suelo se agota, pero como generalmente los campos no son propios, la visión es de muy corto plazo. Mientras tanto, sus ganancias son

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

mayores que en Charata, ya que al considerar el transporte tienen menos gastos, y además los rindes son mayores.

Si sólo observamos el aspecto económico, los productores de Charata no ven un futuro muy estable y constantemente hablan de la incertidumbre que generan las decisiones políticas y las coyunturas económicas. Tal vez para ellos sea hora de dejar de mirar hacia la pampa húmeda para imitar su sistema productivo y empezar a pensar en formas de producción más acordes a las condiciones ambientales, sociales y económicas presentes en esta zona. Quizás si los productores comienzan a entender el ambiente que los rodea y que pueden ser parte de él en lugar de explotarlo al máximo, puedan cambiar su realidad y trabajar en sistemas más sustentables.

En Rojas el problema es más difícil, ya que los intereses económicos de las grandes empresas presentes en la zona impiden que se debatan muchas cuestiones. Mientras tanto, debido a los altos precios de la tierra, para muchos pequeños propietarios conviene alquilar el campo a pooles o grandes productores, y la renta obtenida les permite vivir sin trabajar con las comodidades de la ciudad. En este caso la relación del ser humano con la tierra y lo que ella produce se viene perdiendo hace un par de generaciones y quizás sólo se recupere cuando los suelos estén agotados y los empresarios decidan cambiar a otro negocio más rentable. Mientras tanto, sólo podemos seguir alertando sobre los posibles impactos de este tipo de agricultura, sobre todo sobre aquellos que no tienen voz para reclamar, ya sean los habitantes de los ecosistemas como así también las personas que aún quedan viviendo en el campo y que están siendo desplazadas y contaminadas, pero que continúan luchando por una mejor calidad de vida.

5.2 Propuestas a futuro

El abordaje de la presente investigación permitió conocer una realidad que va más allá de los aspectos puramente ecológicos o ambientales. Al tratarse de un sistema complejo el análisis debe ser abordado desde una perspectiva integradora, ya que es la única forma de investigar este tipo de sistemas en el largo plazo. Existen otros sistemas productivos en nuestro país, tales como agricultura familiar, orgánicos, agroecológicos, etc., que todavía conviven con el modelo agrícola industrial y que es necesario analizar, por

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

eso una propuesta para trabajos futuros sería realizar comparaciones entre distintos modos de hacer agricultura y así tener un panorama más amplio sobre la realidad productiva argentina. No estaba incluido en los objetivos de este trabajo realizar una comparación entre el sistema agrícola industrial y sistemas de producción alternativos por la dificultad de conseguir datos fiables.

La experiencia aportada por este trabajo muestra que es necesaria la construcción de nuevos indicadores y/o metodologías que puedan incluir un mayor número de las interrelaciones que existen entre los actores y el ambiente, y entre los ámbitos social, económico y político, los cuales forman parte inseparable de los sistemas productivos. Esto es especialmente importante en países latinoamericanos, en los que muchas veces son fuerzas externas al sistema las que comandan las decisiones de los productores.

Una metodología interesante para probar es el método MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad) (Masera et al., 1999), ya que propone una evaluación sistémica, participativa, multiescalar y flexible para el estudio de sistemas de manejo de recursos naturales en el contexto campesino de países del tercer mundo. Es una metodología flexible para adaptarse a diferentes niveles de información y capacidades técnicas disponibles localmente, e implica un proceso de evaluación participativo que enfatiza la necesidad de un profundo trabajo de campo. La evaluación se realiza en ciclos sucesivos que configuran un proceso dinámico en espiral, que contrasta con los métodos convencionales, en los que generalmente se examinan los sistemas de forma estática y reduccionista. Cada ciclo de evaluación consta de seis pasos: determinación del objeto de estudio, determinación de fortalezas y debilidades del sistema, selección de indicadores estratégicos, medición y monitoreo de indicadores, presentación e integración de resultados y conclusiones y recomendaciones.

El MESMIS apunta a romper con el enfoque productivista y de corto plazo que predomina en la actualidad. Es una metodología que basa el manejo de recursos naturales en un acercamiento participativo y plural, con una reflexión crítica, además de hacer hincapié en una visión interdisciplinaria y dinámica de los sistemas (Masera et al., 2008). Una vez obtenidos los indicadores de sustentabilidad pueden compararse con los

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

resultados obtenidos en la presente investigación para así entender las fortalezas y debilidades de los distintos métodos de producción agrícola.

Para culminar considero que el método SUMMA aportó información útil sobre los sistemas estudiados, nos permitió entender que en relación a las variables e índices analizados, ambos sitios resultan bastante similares. Pudimos ver dónde se encuentran los mayores gastos y esto permite hacer propuestas de cambio a este tipo de producción. Además, nos permitió entender que debido a la enorme variabilidad de estos sistemas en países como el nuestro, con una agricultura muy diferente de la europea, necesitamos generar modelos más representativos de estas dinámicas, y que incluyan no sólo variables ambientales, sino también sociales, económicas y políticas, que nos permitan tener una visión aún más amplia de la situación. De todas formas, consistió en un buen punto de partida, ya que la información aportada por este modelo no se ha generado todavía en nuestro país.

El mundo actual es muy diferente de aquel en el que surgió el "método científico", por lo tanto sería interesante preguntarnos si debe revisarse y discutirse el modo reduccionista de hacer ciencia a la luz de los enormes cambios ocurridos en el último siglo, los cuales han sido muy veloces y han generado impactos y problemáticas que aún no han sido estudiadas.

Es necesario continuar trabajando en esta línea, estimulando la participación de los diversos actores, para generar el diálogo que permita entender un poco más esta realidad tan compleja y a la vez fascinante que presentan los sistemas productivos, de los cuales dependemos para sobrevivir.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

BIBLIOGRAFÍA

Adámoli, J.; Torrella, S. y R. Ginzburg, 2011. El bosque de tres Quebrachos. Un proyecto para la conservación de los bosques más amenazados del Chaco. Publicación del Grupo de Estudios de Sistemas Ecológicos en Ambientes Agrícolas (GESEAA), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

Addy Orduna, L; Arias, L.; Campos, M.; Canavelli, S.B.; Dardanelli, S.; Feoli, C.; De Gracia, M.; Frana, J.; González Messina, L.; Harguindeguy, J.; Massola, M.P.; Medero, S.L.; Medina, H.; Scalora, F.; Sugia, V.; Videla, L.; Vitti Scarel, D.; Zaccagnini, M.E.; Zuil, S.; s/f. ¿Cómo podemos contribuir en la disminución del daño por palomas en cultivos? Disponible en: http://inta.gob.ar/documentos/bfcomo-podemos-contribuir-en-la-disminucion-del-dano-por-palomas-en-cultivos/

Aguilera Klink, F. y Alcántara, V. (comp), 1994. De la Economía Ambiental a la economía Ecológica. Icaria, Fuhem, Barcelona, España.

Aguilera Klink, F.; 2006. Introducción: Karl William Kapp, la actitud vital de un economista. En: Aguilera Klink, F. (editor). Los costes sociales de la empresa privada (Antología). Los libros de la Catarata, Madrid, España.

Albanesi, A., Anriquez, A. y Polo Sánchez, A., 2001. Efectos de la agricultura convencional en algunas formas del N en una toposecuencia de la Región Chaqueña, Argentina. Agriscientia 18: 3-11.

Altieri, Miguel A., 1987. Agroecology: The Scientific Basis of Alternative Agriculture, Westview Press Inc.

AGRIANUAL - Anuário da agricultura Brasileira, 2010. São Paulo, SP: FNP Consultoria e Comércio. Editorial Argos.

Baldocchi, D.D., Valentini, R., Running, S., Oechel, W., Dahlman, R., 1996. Strategies for measuring and modelling carbon dioxide and water vapour fluxes over terrestrial ecosystems. Global Change Biol. 2, 169–182.

Brundtland, G.H., 1987. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future.

Ascione M., L. Campanella, F. Cherubini, S. Bargigli and S. Ulgiati, 2008. The Material and Energy Basis of Rome: An Investigation of Direct and Indirect Resource Use through Material Flow, Energy and Footprint Methods, Journal ChemSusChem, 1: 450 – 462.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Baker, J.C. y Saxton, K.E., 2008. Los "¿qué?" y los "¿por qué?" de la agricultura con labranza cero. En: Baker, J.C. y Saxton, K.E. (eds.), Siembra con labranza cero en la agricultura de conservación. FAO y Editorial Acribia S.A., Zaragoza, España.

Barquez, R. 1997. Viajes de Emilio Budín: la expedición al Chaco, 1906-1907. Mastozoología Neotropical, Publicaciones especiales, Sociedad Argentina para el estudio de los Mamíferos, nº1, Buenos Aires, 82 pp.

Barsky, O., 1997. La información estadística y las visiones sobre la estructura agraria pampeana, en: Barsky, O. y A. Pucciarelli (eds.). El agro pampeano. El fin de un período. FLACSO, Buenos Aires.

Baxendale, C.A. y Buzai, G.D., 2009. Caracterización socioespacial del Chaco Argentino. En: Morello, J.H. y Rodríguez, A.F. (eds.). El Chaco sin bosques: la Pampa o el desierto del futuro. Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires, Argentina.

Bernardos, J.N., 2010. Superpoblación de palomas ¿cómo disminuir los daños? INTA Informa. Disponible en: http://intainforma.inta.gov.ar/?p=1005

Bernardos, J.N. y M.E. Zaccagnini. 2008. Evaluación del riesgo de toxicidad aguda para aves por uso de insecticidas en arroceras [en línea]. En de la Balze, V.M. y D.E. Blanco (eds.): Primer taller para la Conservación de Aves Playeras Migratorias en Arroceras del Cono Sur. Wetlands International, Buenos Aires, Argentina http://lac.wetlands.org

Berry, W., 2002. In the presence of fear. A US citizen thoughts on the terrorist attacks in America. Resurgence 210.

Bolsa de Cereales, 2012. Informe Pre Campaña Nº 2. Disponible en http://www.bolsadecereales.com.ar/ver-informes-precampana-112

Brailovsky, A.E., 2006. Historia Ecológica de Iberoamérica, de los Mayas al Quijote. Ediciones Le Monde diplomatique. El Dipló. Ediciones Kaicron/Capital Intelectual. Buenos Aires, Argentina.

Brandt-Williams, S. 2002. Folio #4: Emergy of Florida Agriculture. Handbook of Emergy Evaluation: A compendium of data for emergy computation issued in a series of folios. Center for Environmental Policy, Univ. of Florida, Gainesville.

Brown, M.T y S. Ulgiati, 1997. Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. Ecological Engineering 9:51–69

Brown, M.T., Brandt-Williams S., Tilley D. y S. Ulgiati, 2001. Emergy Synthesis: An Introduction en: Brown, M.T. (ed). *Emergy Synthesis 1: Theory and Applications of the*

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Emergy Methodology. Proceedings of the 1st Biennial Emergy Conference. Center for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville.

Brown M.T. y S. Ulgiati, 2004. Emergy analysis and environmental accounting. En: Cleveland C. (ed.) Encyclopedia of energy. Oxford, UK: Academic Press, Elsevier.

Brown M.T y S. Ulgiati, 2004. Energy quality, emergy, and transformity: H.T. Odum's contributions to quantifying and understanding systems. Ecological Modelling 178:201–213.

Bruniard, E. y Bolsi, A., 1988. Región agro-silvo-ganadera con frentes pioneros de ocupación del Nordeste. En: Roccatagliata, J. (coord.) La Argentina. Geografía general y los marcos regionales. Planeta, Buenos Aires, Argentina.

Buenfill A.A., 2000. Sustainable Use of Potable Water in Florida: an Emergy Analysis of Water Supply and Treatment Alternatives In: Brown M.T., Brandt-Williams S., Tilley D., Ulgiati S. (Eds.), EMERGY SYNTHESIS. Theory and Applications of the Emergy Methodology. H.T. Odum Center for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville, Florida, USA.

Campbell, D.E.; Brandt-Williams, S.L. y T. Cai, 2005. Current Technical Problems in Emergy Analysis en: Brown, M.T.E. Bardi, D.E. Campbell, V. Comar, S. Huang, T. Rydberg, D. Tilley and S. Ulgiati (eds). *Emergy Synthesis 3: Theory and Applications of the Emergy Methodology*. Proceedings of the 3rd Biennial Emergy Conference. Center for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville.

Canavelli, S. y M.E. Zaccagnini. 1996. Mortandad de Aguilucho Langostero (Buteo swainsoni) en la
Región Pampeana: Primera Aproximación al Problema. INTA, Informe de Proyecto, 52 pp.

Cavalett, O., 2008. Análise de ciclo de vida da soja. Universidade Estadual de Campinas, San Pablo, Brasil. Tesis de doctorado disponible en: www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/extensao.htm

Chang, M.Y., 2005. La economia ambiental. En: Foladori, G. y Pierri, N. (Coord.) ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre desarrollo sustentable. Universidad Autónoma de Zacatecas, México.

Chen, Z., Black, T.A., Barr, A.G., Yang, P.C., Chen, W.J., Nesic, Z., Swanson, R.V., Novak, M.D., 1998. Interannual variability of carbon dioxide and water vapor fluxes above a boreal aspen forest. In: Proceedings of the 23rd Conference on Agricultural and Forest Meteorology, American Meteorological Society, Boston, MA, Preprints.

Clark, W.C. y Dickson, N.M., 2003. Sustainability science: The emerging research program. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS). Vol 100, nº 14, 8059–8061.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Coase, R.H.,1960. The problem of social cost. The Journal of Law and Economics, vol. III.

Consejo Científico Interdisciplinario, CONICET, 2009. Evaluación de la información científica vinculada al glifosato en su incidencia sobre la salud humana y el ambiente. Comisión Nacional de Investigación sobre Agroquímicos Decreto 21/2009

Coscia, A., 1997. Observaciones personales sobre la política y desarrollo de la Pampa agrícola. En: Morello, J. y O. Solbrig (comps.) ¿Argentina granero del mundo: hasta cuándo? Orientación Gráfica Editora SRL, Buenos Aires, Argentina.

Cruzate, G.A. y Casas, R.R., 2012. Extracción y balance de nutrientes en los suelos agrícolas de la Argentina. Revista Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica Nº 6, International Plant Nutrition Institute (IPNI). Disponible en http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/C95DB764EA8A903585257A0F006D98BB/$FILE/IAH-2012-06.pdf

Daly, H.E.,1990. Toward some operational principles of sustainable development. Ecological Economics, vol. 2, nº 1.

Dazhong, W. y Pimentel, D., 1990. Energy flow in agroecosystems of Northeast China. En: Gliessman (Ed.) Agroecology: researching the ecological basis for sustainable agriculture. Springer-Verlag: 322-336.

DECOIN Project, Deliverable D2.1, 2007. "Evaluation of selected methodological approaches for environmental analysis and assessment". Prepared by: Sergio Ulgiati, Amalia Zucaro, Marco Raugei, Mario Giampietro, Gonzalo Gamboa, Jarmo Vehmas, Jyrki Luukkanen, Mia Pihlajamäki, Jukka Hoffren, Peter Nijkamp, Maria Giaoutzi, Christos Dionelis (www.decoin.eu)

DECOIN Project, Deliverable D4.1, 2008. "Tools and methods for assessment of interrelationships". Prepared by: Mario Giampietro, Gonzalo Gamboa, Alevgul Sorman, Talia Waldron (www.decoin.eu)

DECOIN Project, Deliverable D4.4, 2009. "Tool manual". Prepared by: Mario Giampietro, Tarik Serrano and Alevgul Sorman (www.decoin.eu)

Dick, W.A.; Blevins, R.L.; Frye, W.W.; Peters, S.E.; Christenson, D.R.; Pierce, F.J.; Vitosh, M.L., 1998. Impacts of agricultural management practices on C sequestration in forest-derived soils of the eastern Corn Belt. Soil & Tillage Research 47:235-244.

FAO, 2006. *Forest Resources Assessment*. Roma, Italia.

Fischer-Kowalski, M. 1998. Society's metabolism-the intellectual history of materials flow analysis. Part I: 1860-1970. Journal of Industrial Ecology 2(1):61-78.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Franzese, P. P.; Cavalett, O.; Häyhä, T. y S. D'Angelo, 2013. Integrated Environmental Assessment of Agricultural and Farming Production Systems in the Toledo River Basin (Brazil). UNESCO-IHP Water Programme for Environmental Sustainability, Climate Change and Human Impacts on the Sustainability of Groundwater Resources: Quantity and Quality Issues, Mitigation and Adaptation Strategies in Brazil. Impreso por UNESCO.

Funtowicz, S.O., Ravetz, J.R., 1992. Three types of risk assessment and the emergence of Post-Normal Science. En: Krimsky, S., Golding, D. (Eds.), Social Theories of Risk. Westport CT, Greenwood.

Funtowicz, S. y Ravetz, J. R., 1993. "Science for the Post Normal Age", Futures 25(7), pp 739-755

Funtowicz, S.O., Ravetz, J.R., 1994. Uncertainty, complexity and Post-Normal Science. Environ. Toxicol. Chem. 13 (12), 1881–1885.

Funtowicz, S. y Ravetz, J. R., 1998. En: Sardar, Z. and Abrams, I., Chaos for Beginners, Icon Books Ltd., Cambridge, U.K.

Funtowicz, S. y Ravetz, J. R., 2008. Chapter 23: Values and Uncertainties. En G. Hirsch Hadorn et al. (eds.), Handbook of Transdisciplinary Research, Springer.

Georgescu-Roegen, N., 1971, The entropy law and the economic process, Cambridge, Mass, Harvard University.

Gerster, G; Gargicevich, A; Cordone, G; González, C.; 2002. Factores edáficos y prácticas culturales asociadas al rendimiento de soja. Actas XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo – Puerto Madryn.

Giampietro, M., 2003. Multi-Scale Integrated Analysis of Agro-ecosystems, CRC Press, Boca Raton, FL.

Giampietro, M. 2004. Multi-Scale Integrated Analysis of Agroecosystems. CRC Press, Londres.

Giampietro, M y Mayumi, K., 2008. The Jevons Paradox: The Evolution of Complex Adaptive Systems and the Challenge for Scientific Analysis. En: Polimeni, J.M.; Mayumi, K.; Giampietro, M. y Alcott, B. The Jevons Paradox and the Myth of Resource Efficiency Improvements. Earthscan, Londres, Reino Unido.

Giberti, H.C., 1961. Historia económica de la ganadería argentina. Ediciones Solar, Buenos Aires, Argentina.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Ginzburg, R.G.; Torrella, S.A. y Adámoli, J.M., 2007. Cuantificación y análisis regional de la expansión agropecuaria en el Chaco Argentino. En: Pacha, M.J; S.Luque; L.Galetto & L. Iverson (eds.). Understanding biodiversity loss: an overview of forest fragmentation in South America. IALE Landscape Research and Management papers. Internacional Association of Landscape Ecology. ISSN:1570-6532.

Goldstein, M.I., T.E. Lacher, Jr., B. Woodbridge, M.J. Bechard, S.B. Canavelli, M.E. Zaccagnini, G.P.
Cobb, E.J. Scollon, R. Tribolet y M.J. Hooper. 1999. Monocrotophos-induced mass mortality of
Swainson's hawks in Argentina, 1995-96. Ecotoxicology 8: 201-214.

Goldstein, M., B. Woodbridge, M.E. Zaccagnini, S.B. Canavelli y A. Lanusse. 1996. Assessment of Mortality Incidents of Swainson's Hawks on Wintering Grounds in Argentina. Journal of Raptor Research. June Issue.

Goulden, M.L., Munger, J.W., Fan, S.-M., Daube, B.C., Wofsy, S.C., 1996. Exchange of carbon dioxide by a deciduous forest: response to interannual climate variability. Science 271, 1576–1578.

Halperín-Donghi, T., 1975. Politics, economics and society in Argentina in the revolutionary period. Cambridge, University Press, London.

Heap, I. 2011. International survey of herbicide-resistant weeds. Disponible en: http://www.weedscience.org/in.asp.

Herendeen R.A., 1998. Embodied Energy, embodied everything...now what? In: Advances in Energy Studies. Energy Flows in Ecology and Economy. Ulgiati S., Brown M.T., Giampietro M., Herendeen R.A., and Mayumi K. (Eds). Musis Publisher, Roma, Italy; pp. 13-48.

Hinterberger F. and Stiller H., 1998. Energy and Material Flows. En: Advances in Energy Studies.
Energy Flows in Ecology and Economy. Ulgiati S., Brown M.T., Giampietro M., Herendeen R.A., and Mayumi K. (Eds). Musis Publisher, Roma, Italy; pp.275-286.

Hinterberger, F.; Giljum, S. y Hammer, M., 2003. Material Flow Accounting and Analysis (MFA) A Valuable Tool for Analyses of Society-Nature Interrelationships. Entry prepared for the Internet Encyclopedia of Ecological Economics.

INTA, Actualización Técnica Nº 58, Febrero 2011. Siembra Directa. Disponible en: http://inta.gob.ar/documentos/siembra-directa/at_multi_download/file/Siembra%20Directa%202011.pdf

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

IPCC, 2000. Land Use, Land-Use Change and ForestryRobert T. Watson, Ian R. Noble, Bert Bolin, N. H. Ravindranath, David J. Verardo and David J. Dokken (Eds.) Cambridge University Press, UK.

IPCC, 2007. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. Ginebra, Suiza.

Jantsch, E., 1970. Inter- and transdisciplinary university: a systems approach to education and innovation. Policy Sciences 1: 403-428.

Jevons, W.S., 1865. The Coal Question, 3rd edition, Augustus M. Kelley, New York.

Josifovich, J., 1988. Rastrojos y residues en la producción de carne bovina. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_pasturas_diferidas/38-rastrojos_y_residuos.pdf

Josifovich, J., 1997. Los forrajes de la zona pampeana húmeda a través del tiempo. En: Morello, J. y O. Solbrig (comps.) ¿Argentina granero del mundo: hasta cuándo? Orientación Gráfica Editora SRL, Buenos Aires, Argentina.

Kapp, K.W., 1950. The Social Costs of Private Enterprise. Cambridge Mass: Harvard University Press.

Kapp, K.W., 1976. Economics in the future: the open system character of the economy and its implications. En: Kurt Dopfer (Ed.) Economics in the future: towards a new paradigm, McMillan, Londres.

Kates, R.W.; Clark, W.C.; Corell, R.; Hall, J.M.; Jaeger, C.C.; Lowe, I.; McCarthy, J.J.; Schellnhuber, H.J.; Bolin, B.; Dickson, N.M.; Faucheux, S.; Gallopin, G.C.; Grubler, A.; Huntley, B.; Jager, J.; Jodha, N.S.; Kasperson, R.E.; Mabogunje, A.; Matson, P.; Mooney, H.; Moore, B.; O'Riordan, T. y Svedin, U., 2001. Sustainability Science. Science, New Series, Vol. 292, No. 5517, pp. 641-642.

Khazzoom, J. D., 1987. Energy saving resulting from the adoption of more efficient appliances, Energy Journal, vol 8, pp85–89.

Lomas, P.L.; Di Donato, M. y S. Ulgiati, 2007. La síntesis emergética: una valoración de los servicios de los ecosistemas con base termodinámica. Ecosistemas 16 (3): 37-45.

López Calderón, A.; Passalia, C.; Lozeco, J. y Tarragona, M., 2013. La evolución histórica del pensamiento económico y su visión de la naturaleza en el proceso social de producción. En: Pengue, W.A. y Fainstein, H.A. (eds.) Nuevos enfoques de la Economía Ecológica. Una perspectiva latinoamericana sobre el desarrollo. Lugar Editorial, Buenos Aires, Argentina.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Martin, J. F., Diemont, S.A.W., Powell, E., Stantonc, M. y S. Levy-Tacher, 2006. Emergy evaluation of the performance and sustainability of three agricultural systems with different scales and management. Agriculture, Ecosystems and Environment 115:128-140.

Martínez Alier, 1994. Ecología humana y economía política. En: Aguilera Klink, F. y Alcántara, V. (comp.), De la economía ambiental a la Economía Ecológica. Icaria, Fuhem, Barcelona, España.

Martínez Alier, 2005. Los conflictos ecológico-distributivos y los indicadores de sustentabilidad, Publicado en *Rebelión*, www.rebelion.org, Ecología social, 04-11-2005.

Masera, O. y Astier, M., 1993. Energía y sistema alimentario en México. Aportaciones de la Agricultura Alternativa. En: Trujillo, J. y Torres-Lima, P. (Eds.) Agroecología y desarrollo agrícola en México. Universidad Autónoma Metropolitana. Xochimilco, México DF.

Matteucci, S.D. 1998. La creciente importancia de los estudios del medio ambiente. En: Matteucci, S.D. y G. Buzai (eds.). Sistemas ambientales complejos: herramientas de análisis espacial. EUDEBA, Buenos Aires.

Matteucci, S.D., 2009. Percepción de la Ecología de Paisajes por investigadores y profesionales argentinos asociados a ASADEP. Fronteras 8:17-29.

Matteucci, S.D., 2012. Ecorregión Pampa. En: Morello, J.H., Matteucci, S.D., Rodríguez, A. y M. Silva, Ecorregiones y Complejos Ecosistémicos Argentinos. Orientación Gráfica Editora SRL. Buenos Aires, Argentina.

Maturana, H. R. y Varela, F. J., 1980. Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living, D. Reidel Publishing, Dordrecht, The Netherlands.

Mayumi, K. y Giampietro, M., 2006. The epistemological challenge of self-modifying systems: Governance and sustainability in the post-normal science. Ecological Economics 57:382– 399.

Mineau, P. 2002. Estimating the probability of bird mortality from pesticide sprays on the field study record. Environmental Toxicology and Chemistry, 21(7):1497-1506.

Morello, J. y C. Saravia Toledo. 1959. EL bosque chaqueño II. La ganadería y el bosque en el oriente de Salta. Revista Agronómica del Noroeste Argentino 3: 209-258.

Morello, J.H. y Adámoli, J.M., 1974. Las Grandes Unidades de Vegetación y Ambiente del Chaco Argentino. Segunda parte: Vegetación y ambiente de la Provincia del Chaco. Serie Fitogeográfica 13. INTA, Buenos Aires.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Morello, J.H. y S.D. Matteucci, 1997a. Estado actual del subsistema ecológico del núcleo maicero de la Pampa Húmeda. En: Morello, J. y O. Solbrig (comps.) ¿Argentina granero del mundo: hasta cuándo? Orientación Gráfica Editora SRL, Buenos Aires, Argentina.

Morello, J.H. y S.D. Matteucci, 1997b. El modelo agrícola del Núcleo Maicero como sistema complejo. En: Morello, J. y O. Solbrig (comps.) ¿Argentina granero del mundo: hasta cuándo? Orientación Gráfica Editora SRL, Buenos Aires, Argentina.

Morello, J.; Pengue, W. y Rodríguez, A., 2007. Un siglo de cambios de diseño del paisaje: el Chaco Argentino. En: Matteucci, S.D. (Ed.) Panorama de la ecología de paisajes en Argentina y países sudamericanos. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina.

Morello, J.H., 2012. Ecorregión Chaco Seco. En: Morello, J.H., Matteucci, S.D., Rodríguez, A. y M. Silva, Ecorregiones y Complejos Ecosistémicos Argentinos. Orientación Gráfica Editora SRL. Buenos Aires, Argentina.

Naredo, J.M., 1994. Fundamentos de la economía ecológica. En: Aguilera Klink, F. y Alcántara, V. (comp.), De la economía ambiental a la Economía Ecológica. Icaria, Fuhem, Barcelona, España.

National Research Council, 1999. Our Common Journey. National Academy Press, Washington, DC.

Newman, P. (1991) 'Greenhouse, oil and cities', Futures, vol 5, pp335–348.

Nieto Caraveo, L. M. 2000. "¿Cómo sabemos si tenemos avances hacia el desarrollo sustentable?" Diario Pulso, San Luis Potosí, México. Ediciones de 13 de julio y 10 de agosto de 2000 y 22 de noviembre de 2001.

Odum, H. T., 1971a. An energy circuit lenguaje for ecological and social systems: its physical basis. Pp139-211 en Systems Analysis and Simulation in Ecology, vol 2, editado por B. Patten. Academic Press, New York.

Odum, H. T., 1971b. Environment, Power and Society. Wiley, New York. 331 pp.

Odum, H. T., 1983. Systems Ecology. Wiley, New York. 644 pp.

Odum, H.T., 1986. EMERGY in Ecosystems, en Polunin, N. (ed) Ecosystem Theory and Application. Wiley, New York.

Odum, H.T., 1988. Self organization, transformity and information. Science 242:1132-1139.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Odum, H.T., 1996. Environmental Accounting: EMERGY and Environmental Decision Making. John Wiley & Sons, New York.

Odum, H.T., 2000. Folio #2: Emergy of global Processes. Handbook of Emergy Evaluation: A compendium of data for emergy computation issued in a series of folios. Center for Environmental Policy, Univ. of Florida, Gainesville.

Oliverio, G. y López, G., 2010. La Agricultura Argentina al 2020, Fundación Producir Conservando. Disponible en: http://www.ucema.edu.ar/conferencias/download/2010/20.08.pdf

Ortega, E., Zanghetin, M., Takahashi, F. Cartilhas do LEIA, 2008. Modulo #1. Como funciona a natureza? Conceitos básicos sobre a biosfera, os ecossistemas e a economia humana. Laboratório de Engenharia Ecológica da Unicamp. Convênio PRO-EXT/MEC-Unicamp. Campinas, SP.
http://www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/modulo1.pdf
http://www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/modulo5.pdf

Parker, C.; Mitchell, A.; Trivedi, M.; Mardas, N. y Sosis, K., 2009. The Little REDD+ Book. Global Canopy Programme, Oxford, Reino Unido.

Pengue, W.A., 2004. Hambre y opulencia en las tierras del Plata, Revista hacer Pensar, Paraná, Entre Ríos.

Pengue, W.A., 2005. Agricultura industrial y transnacionalización en América Latina. ¿La transgénesis de un continente? Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. PNUMA.

Pengue, W.A., 2008. El "valor" de los recursos. En: Pengue, W.A. (comp.), La apropiación y el saqueo de la naturaleza. Lugar Editorial, Buenos Aires, Argentina.

Pengue, W.A., 2009. Fundamentos de Economía Ecológica. Editorial Kaicron, Buenos Aires, Argentina.

Pertile, V.C. y Torre Geralgia, A.H., 2009. Cambios productivos en el sector agrícola de la provincia del Chaco. En: Morello, J.H. y Rodríguez, A.F. (eds.). El Chaco sin bosques: la Pampa o el desierto del futuro. Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires, Argentina.

Petty, W., 1662. A treatise of taxes & contributions. Impreso por C. Wilkinson y T. Burrel. Londres.

Pigou, A.C., 1920. The Economics of Welfare. London, MacMillan.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Pimentel, D.; Dazhong, W. y Giampietro, M., 1990. Technological changes in Energy use in US agricultural production. En: Gliessman, S.R. (Ed.) Agroecology: researching the ecological basis for sustainable agriculture. Springer-Verlag: 305-322.

Pizarro, J.B., 1997. Cambios en el uso de la tierra y en la organización social de la producción. Sus consecuencias socioeconómicas y ambientales. En: Morello, J. y O. Solbrig (comps.) ¿Argentina granero del mundo: hasta cuándo? Orientación Gráfica Editora SRL, Buenos Aires, Argentina.

Polimeni, J.M.; Mayumi, K.; Giampietro, M. y Alcott, B., 2008. The Jevons Paradox and the Myth of Resource Efficiency Improvements. Earthscan, UK and USA.

Prigogine, I., 1980. From being to becoming: time and complexity in the physical sciences. Freeman and Company, United States of America.

Pulselli F. M., Coscieme L. y S. Bastianoni, 2011. Ecosystem services as a counterpart of emergy flows to ecosystems. Ecological Modelling 222(16): 2924–2928.

Ravetz, J.R., 1999a. Post-Normal Science—an insight now maturing. Futures 31 (7), 641–646.

Ravetz, J.R. 1999b. What is Post-Normal Science. Futures 31(7):647–654.

Ravetz, J.R., 2001. New forms of science. In: Smelser, N.J., Baltes, P.B. (Eds.), International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences. Oxford, Pergamon, pp. 13863–13867.

Ravetz, J.R., 2003. A paradoxical future for safety in the global knowledge economy. Futures 35:811-826.

Ravetz, J.R., 2005. Science and technology in the age of uncertainty. In: Restivo, S. (Ed.), Science, Technology and Society—An Encyclopedia. Oxford University Press, New York.

Ravetz, J.R., 2006. Post-Normal Science and the complexity of transitions towards sustainability. Ecological Complexity 3:275-284.

Reale, G. y Antisieri, D. (s/f). El positivismo. Historia del pensamiento científico y filosófico. Disponible en: http://www.olimon.org/uan/reale-antisieri_positivismo.pdf.

REDUAS, 2013. El consumo de agrotóxicos en Argentina aumenta continuamente. Análisis de los datos del mercado de pesticidas en Argentina. Disponible en: http://www.reduas.fcm.unc.edu.ar/the-use-of-toxic-agrochemicals-in-argentina-is-continuously-increasing/

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Rock, D., 1985. Argentina 1516-1982. From Spanish colonization to the Falklands War. University of California Press, Berkeley.

Rosen, R., 1977. Complexity as a system property, International Journal of General Systems 3:227-232

Sacco, C., 2011. Los Tobas. Ediciones Del Sol, Buenos Aires, Argentina.

Sarandón, S.J., 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En Sarandón, S. (Ed.). Agroecología: El camino para una agricultura sustentable. Ediciones Científicas Americanas, La Plata, Argentina. http://sibe.ecosur.mx/ApoyoAcedemicoDesarrolloRegional/Sustentabilidad_ Criterio %20 para %20 la% 20toma %20 de % 20 decisiones % 20 Sarandon.pdf.

Sardar, Z. y Abram, I., 1999. Introducing Chaos. Icon Books Ltd., Cambridge, United Kingdom.

Schmid, H.P.; Grimmond, S.B.; Cropley, F.; Offerle, B. y Su. H., 2000. Measurements of CO_2 and energy fluxes over a mixed hardwood forest in the mid-western United States. Agricultural and Forest Meteorology 103 (2000) 357–374

Schmidt-Bleek, F., 1993. The Fossil Makers. Birkhäuser, Basel, Bosten, Berlin.

Schumpeter, J.A., 1954. History of Economic Analysis. Allen & Unwin Ltd. (Publishers), Gran Bretaña.

Schuschny, A.R., 1998. Estudio del medio ambiente desde las ciencias de la complejidad. En: Matteucci, S.D. y G. Buzai (eds.). Sistemas ambientales complejos: herramientas de análisis espacial. EUDEBA, Buenos Aires.

Scienceman, D.M., 1987. Energy and EMERGY, en Pillet, G. y T. Murota (eds.) Environmental Economics. Roland Leimgruber, Ginebra.

Senigagliesi, C.; Ferrari, M. y Ostojic, J., 1997. La degradación de los suelos en el partido de Pergamino. En: Morello, J. y O. Solbrig (comps.) ¿Argentina granero del mundo: hasta cuándo? Orientación Gráfica Editora SRL, Buenos Aires, Argentina.

Slesser, M. (Ed.), 1974. Energy Analysis Workshop on Methodology and Conventions. IFIAS, Stockholm, Sweden.

SMILE Project (Synergies in Multi-scale Inter-Linkages of Eco-social systems). Deliverable 6, 2009. Prepared by: Francesca Allievi, Pier Paolo Franzese, Mario Giampietro, Paula Hakola, Jyrki Luukkanen, Juha Panula-Ontto, Mia Pihlajamäki, Marco Raugei, Camila

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Rosenlund, Tarik Serrano, Alevgul Sorman, Sergio Ulgiati, Jarmo Vehmas, and Amalia Zucaro.

Smith, A., 1776. An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations. Dublin, Whitestone.

Solbrig, O., 1997. Ubicación histórica: desarrollo y problemas de la Pampa Húmeda. En: Morello, J.H. y O. Solbrig (comps.). ¿Argentina granero del mundo: hasta cuándo? Orientación Gráfica Editora SRL, Buenos Aires, Argentina.

Solbrig, O. y Morello, J.H., 1997. Reflexiones generales sobre el deterioro de la capacidad productiva de la Pampa Húmeda argentina. En: Morello, J.H. y O. Solbrig (comps.). ¿Argentina granero del mundo: hasta cuándo? Orientación Gráfica Editora SRL, Buenos Aires, Argentina.

Solbrig, O. y Vera, R., 1997. Impacto de la globalización en las llanuras del Cono Sur. En: Morello, J.H. y O. Solbrig (comps.). ¿Argentina granero del mundo: hasta cuándo? Orientación Gráfica Editora SRL, Buenos Aires, Argentina.

Torrella, S.A.; Oakley, L.J.; Ginzburg, R.G.; ADÁMOLI, J.M. y Galetto, L., 2011. Estructura, composición y estado de conservación de la comunidad de plantas leñosas del bosque de tres quebrachos en el Chaco Subhúmedo Central. Ecología Austral 21:179-188.

Totino, M., 2011. Comparación de dos etapas productivas de la Región Chaqueña mediante diagramas de flujos. Fronteras 10:45-54.

Tress, G.; Tress, B. y Fry, G., 2004. Clarifying integrative research concepts in landscape ecology. Landscape Ecology 20: 479–493.

Ulgiati, S., 2000. Energy, Emergy and Embodied Exergy: diverging or converging approaches? En: Brown, M.T. (ed). *Emergy Synthesis 1: Theory and Applications of the Emergy Methodology*. Proceedings of the 1st Biennial Emergy Conference. Center for Environmental Policy, University of Florida, Gainesville.

Ulgiati, S.; Raugei, M. y S. Bargigli, 2006. Overcoming the inadequacy of single-criterion approaches to Life Cycle Assessment. Ecological Modelling 190:432–442.

Ulgiati, S., Zucaro, A. y P.P. Franzese, 2011. Shared wealth or nobody's land? The worth of natural capital and ecosystem services. Ecological Economics 70:778-787.

Ulgiati, S.; M.T. Brown, S. Bastianoni y N. Marchettini, 1995. Emergy-based indices and ratios to evaluate the sustainable use of resources. Ecological Engineering 5:519-531

Ulgiati, S. y M.T. Brown, 2009. Emergy and ecosystem complexity. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation 14:310–321

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Viglizzo, E. F.; Pordomingo, A.J.; Castro, M.G. y Lértora, F.A., 2002. La sustentabilidad ambiental del agro pampeano. Ediciones INTA, Bs. As., Argentina.

WECD, 1987. Our common future. Oxford Univ Press, Oxford.

Wackernagel, M., Rees, W., 1996. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. The new catalyst bioregional series, vol. 9. Gabriola Island, BC and Philadelphia, PA: New Society Publishers.

Wackernagel, M.; Onisto, L.; Bello, P.; Callejas Linares, A.; López Falfán, I.S.; Méndez García, J.; Suárez Guerrero, A.I. y Suárez Guerrero, M G., 1999. National natural capital accounting with the ecological footprint concept. Ecological Economics 29:375–390.

Winchester, P.D.; Huskins, J.; Ying, J., 2009. Agrichemicals in surface water and birth defects in the United States. Acta Paediatrica 98(4):664-9. Section of Neonatal-Perinatal Medicine, Indiana University School of Medicine, Indianapolis, IN, USA.

Wofsy, S.C., Goulden, M.L., Munger, J.W., Fan, S.-M., Bakwin, P.S., Daube, B.C., Bassow, S.L., Bazzaz, F.A., 1993. Net exchange of CO2 in a mid-latitude forest. Science 260, 1314–1317.

Woodbridge, B, K. Finley y S. Seager. 1995. An investigation of the Swainson's Hawk in Argentina. Journal of Raptor Research 29: 202-204.

Worster, D., 2008. Transformaciones de la Tierra. Selección, traducción y presentación de Castro, G. Centro Latino Americano de Ecología Social (CLAES). Editorial Coscoroba, Montevideo, Uruguay.

Wurbs J., Nickel R., Rohn H., Liedtke C., 1996. Materialintensitätsanalysen von Grund-, Werk- und Baustoffen, Wuppertal Papers Nr. 64.

Zaccagnini, M.E. 1998. Aguiluchos: Un proyecto que marca un camino hacia la sostenibilidad agrícola. Revista Campo y Tecnología. INTA Año VI n°35: 60-66.

Zhang, Z.; Qu, J. y Zeng, J., 2008. A quantitative comparison and analysis on the assessment indicators of greenhouse gases emission. Journal of Geographical Sciences (2008) 18: 387-399.

Zucaro, A.; Viglia, S. y Ulgiati, S., 2011. Evaluation of agricultural systems across time and spatial scales. An extended LCA approach. Presentación en la 13º Conferencia: Trends and future of sustainable development. 9-10 Junio, Tampere, Finlandia.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

ANEXO 1

NOTAS TABLA 2a (CHARATA)

1. Radiación solar

Energía solar recibida=(insolación promedio, J/m2/año)(área, m2)= 6,31E+13 J/año (siga2.inta.gov.ar/en/datoshistoricos)

Albedo= 14% (Franzese, et al, 2013)

Energía solar recibida=(1-0,14)(6,31E+13 J/ha/año)=**5,43E+13 J/ha/año**

2. Absorción de N2 de la atmósfera

Kg de N fijado: **6,00E+01 kg de N/ha/yr** (Cavalett, 2008)

3. Precipitaciones

Lluvia=1,06 m/año (siga2.inta.gov.ar/en/datoshistoricos)

Densidad del agua=1E+06 g/m^3

Masa de agua de lluvia=(1,06 m/año)(1E+06 g/m^3)(1,00E+04 m^2)=1,06E+10 g/año

Fracción de agua evapotranspirada=1 (siga2.inta.gov.ar/en/datoshistoricos)

Masa de agua evapotranspirada=1,06E+10 g/año

Energía de la lluvia=(agua evapotranspirada, g/año)(energía libre de Gibbs por g de agua, J/g)

Energía libre de Gibbs del agua=4,94 J/g

Energía de la lluvia=(1,06E+10 g/año)(4,94 J/g)=**5,24E+10 J/ha/año**

4. Pérdida neta de materia orgánica del suelo

Tasa de erosión= 1,70E+03 g/m^2/año (Cavalett, 2008)

Pérdida neta de suelo=(área cultivada, m^2)(tasa de erosión, g/m^2/año)=1,70E+07 g/ha/año

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Contenido de MO en el suelo (húmedo)= 4% (Albanesi et al., 2001; Odum, 1996)

Cantidad de MO (húmedo)=(1,70E+07 g/m^2/año)(0,04)=6,8E+05 g/m^2/año

Contenido de agua de la MO=30%

MO seca perdida por erosión=(6,8E+05 g/m^2/año)(0,7)=4,77E+05 g/m^2/año

Contenido energético de la MO=5,4 kcal/g materia seca (Franzese et al, 2013)

Pérdida de energía= (4,77E+05 g/m^2/año)(5,4 kcal/g)(4186 J/kcal)=**1,08E+10 J/ha/año**

5. Nafta

El consumo de nafta es prácticamente despreciable: **0,5 kg/ha/año** (promedio de datos de campo)

6. Gasoil

Consumo en siembra: 8,4 l/ha (Publicarg.com)

Consumo en cosecha: 8,55 l/ha (Publicarg.com)

Consumo en pulverización (1 aplicación fungicidas + 3 aplicaciones insecticidas + 2 aplicaciones herbicidas): (1 l/ha)(6 pasadas)=6 l/ha (dato obtenido en esta investigación)

Consumo camioneta: 7 l/ha/año (promedio de datos de campo)

Consumo total anual de gasoil: 8,4 l/ha + 8,55 l/ha + 6 l/ha + 7 = 30 l/ha/año

Densidad del gasoil=0,84 Kg/l (www.energypiagroup.com)

Consumo total anual de gasoil= (0,84 Kg/l)(30 l/ha/año)= **25,2 kg/ha/año**

7. Electricidad

Consumo promedio mensual entre los productores entrevistados=0,59 kWh/ha

Consumo anual: (0,59 kWh/ha)(12)= **7,08 kWh/ha/año**

8. Consumo de agua para pulverización

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Consumo promedio anual entre los productores entrevistados=67,3 l/ha

Pasadas totales de la pulverizadora: 6

Consumo total de agua= (67,3 l/ha)(6)= **0,40 m^3/ha/año**

9. Semillas

Masa de semillas utilizadas: 6,90E+01 kg/ha/año (Cavalett, 2008)

9. Fertilizantes

Los productores entrevistados manifestaron que no utilizan ningún tipo de fertilizante.

10, 11 y 12. Agroquímicos (fungicidas, insecticidas y herbicidas)

Los productores entrevistados informaron nombre y cantidad utilizada de cada producto. Se hizo un promedio teniendo en cuenta sólo la cantidad del ingrediente activo, informado en las etiquetas.

13. Maquinaria Agrícola

Los valores utilizados para cada tipo de máquina salen del Agrianual 2010

Description	Weight (kg)	Life spam (h)	Hours used (h/ha/yr)	Ref. for hours used	Machinery used up (kg/ha/yr)
Tractor tires 90cv	3870	10000	1.20	Agrianual, 2010	0.46
Tractor tires 120cv	4920	10000	0.67	Agrianual, 2010	0.33
Tractor tires 65cv	2580	10000	0.45	Agrianual, 2010	0.12
Harvester	16400	10000	0.65	Agrianual, 2010	1.07
Limestone sprayer	1203	8000	0.45	Agrianual, 2010	0.07
Seeder	1500	8000	0.67	Agrianual, 2010	0.13
Seed mixer	800	8000	0.10	Agrianual, 2010	0.01
Agrochemical sprayer	2140	8000	1.20	Agrianual, 2010	0.32

Fuente: Franzese, et al., 2013

14. Trabajo Humano

El consumo diario promedio de energía es de 2500 kcal, aplicadas a un trabajo de 8 horas por día.

El dato aportado por los productores es que el trabajo aplicado a la soja es 1,14 hs/ha/año

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Trabajo humano total aplicado a la soja=(1,14 hs/ha/año)(2500 kcal)(4186 J)/(8 hs/día)=

=1,49E+06 J/ha/año

15. Servicios Anuales en la Producción Agrícola

El valor se obtiene sumando todos los costos de los servicios. Para transformarlo a emergía se utiliza el EMR (Emergy Money Ratio). Según la National Environment Accounting Database (NEAD) el EMR para Argentina en el año 2008 era de 7,4E+12 seJ/U$S. Se pasa a pesos argentinos con la cotización del 2008 y el valor es 2,33E+12 seJ/$. Este es el valor de transformidad utilizado.

Contenido Energético de la Producción de Soja:

Según el Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione, 1 kg de soja contiene 17010 kJ. Entonces si se producen 2307 kg/ha se obtienen 3,92E+10 J/ha/año.

Residuos de la producción agrícola: Según Josifovich (1988), por cada kg de grano de soja producido quedan aproximadamente 1,5 kg de rastrojos. Teniendo en cuenta este dato, si se producen 2307 kg de soja se tienen 3460,5 kg residuos/ha/año.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

ANEXO 2

NOTAS TABLA 3a (ROJAS)

1. Radiación solar

Energía solar recibida=(insolación promedio, J/m2/año)(área, m2)= 5,90E+13 J/ha/año (siga2.inta.gov.ar/en/datoshistoricos)

Albedo= 14% (Franzese, et al, 2013)

Energía solar recibida=(1-0,14)(5,90E+13 J/ha/año)=**5,07E+13 J/ha/año**

2. Absorción de N2 de la atmósfera

Kg de N fijado: **6,00E+01 kg de N/ha/año** (Cavalett, 2008)

3. Precipitaciones

Lluvia=1,27 m/año (siga2.inta.gov.ar/en/datoshistoricos)

Densidad del agua=1E+06 g/m^3

Masa de agua de lluvia=(1,27 m/año)(1E+06 g/m^3)(1,00E+04 m^2)=1,27E+10 g/ha/año

Fracción de agua evapotranspirada=0,89 (siga2.inta.gov.ar/en/datoshistoricos)

Masa de agua evapotranspirada=1,13E+10 g/año

Energía de la lluvia=(agua evapotranspirada, g/año)(energía libre de Gibbs por g de agua, J/g)

Energía libre de Gibbs del agua=4,94 J/g

Energía de la lluvia=(1,13E+10 g/año)(4,94 J/g)=**5,58E+10 J/ha/año**

4. Pérdida neta de materia orgánica del suelo

Tasa de erosión= 1,70E+03 g/m^2/año (Cavalett, 2008)

Pérdida neta de suelo=(área cultivada, m^2)(tasa de erosión, g/m^2/año)=1,70E+07 g/ha/año

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Contenido de MO en el suelo (húmedo)= 4% (Odum, 1996)

Cantidad de MO (húmedo)=(1,70E+07 g/m^2/año)(0,04)=6,8E+05 g/m^2/año

Contenido de agua de la MO=30%

MO seca perdida por erosión=(6,8E+05 g/m^2/año)(0,7)=4,77E+05 g/m^2/año

Contenido energético de la MO=5,4 kcal/g materia seca (Franzese et al, 2013)

Pérdida de energía= (4,77E+05 g/m^2/año)(5,4 kcal/g)(4186 J/kcal)=**1,08E+10 J/ha/año**

5. Nafta

El consumo de nafta es prácticamente despreciable: **1 kg/ha/año** (promedio de datos de campo)

6. Gasoil

Consumo en siembra: 8,4 l/ha (Publicarg.com)

Consumo en cosecha: 8,55 l/ha (Publicarg.com)

Consumo en pulverización (1 aplicación fungicidas + 3 aplicaciones insecticidas + 2 aplicaciones herbicidas): (1 l/ha)(6 pasadas)=6 l/ha (dato obtenido en esta investigación)

Consumo camioneta: 7 l/ha/año (promedio de datos de campo)

Consumo total anual de gasoil: 8,4 l/ha + 8,55 l/ha + 6 l/ha + 7 = 30 l/ha/año

Densidad del gasoil=0,84 Kg/l (www.energypiagroup.com)

Consumo total anual de gasoil= (0,84 Kg/l)(30 l/ha/año)= **25,2 kg/ha/año**

7. Electricidad

Consumo anual= **1,11 kWh/ha/año** (dato obtenido en esta investigación)

8. Consumo de agua para pulverización

Consumo promedio anual entre los productores entrevistados=67,3 l/ha

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Pasadas totales de la pulverizadora: 6

Consumo total de agua= (67,3 l/ha)(75 ha)(6)= **0,40 m^3/ ha/ año**

9. Fertilizantes

Los productores entrevistados informaron que utilizan Fosfato y Azufre. Se hizo un promedio teniendo en cuenta sólo la cantidad del ingrediente activo, informado en las etiquetas.

10, 11 y 12. Agroquímicos (fungicidas, insecticidas y herbicidas)

Los productores entrevistados informaron nombre y cantidad utilizada de cada producto. Se hizo un promedio teniendo en cuenta sólo la cantidad del ingrediente activo, informado en las etiquetas.

13. Maquinaria Agrícola

Los valores utilizados para cada tipo de máquina salen del Agrianual 2010

Description	Weight (kg)	Life spam (h)	Hours used (h/ha/yr)	Ref. for hours used	Machinery used up (kg/ha/yr)
Tractor tires 90cv	3870	10000	1.20	Agrianual, 2010	0.46
Tractor tires 120cv	4920	10000	0.67	Agrianual, 2010	0.33
Tractor tires 65cv	2580	10000	0.45	Agrianual, 2010	0.12
Harvester	16400	10000	0.65	Agrianual, 2010	1.07
Limestone sprayer	1203	8000	0.45	Agrianual, 2010	0.07
Seeder	1500	8000	0.67	Agrianual, 2010	0.13
Seed mixer	800	8000	0.10	Agrianual, 2010	0.01
Agrochemical sprayer	2140	8000	1.20	Agrianual, 2010	0.32

Fuente: Franzese, et al., 2013

14. Trabajo Humano

El consumo diario promedio de energía es de 2500 kcal, aplicadas a un trabajo de 8 horas por día.

El dato aportado por los productores es que el trabajo aplicado a la soja es 1,14 hs/ ha/ año

Trabajo humano total aplicado a la soja=(1,14 hs/ ha/ año)(2500 kcal)(4186 J)/ (8 hs/ día)=

=1,49E+06 J/ ha/ año

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

15. Servicios Anuales en la Producción Agrícola

El valor se obtiene sumando todos los costos de los servicios. Para transformarlo a emergía se utiliza el EMR (Emergy Money Ratio). Según la National Environment Accounting Database (NEAD) el EMR para Argentina en el año 2008 era de 7,4E+12 seJ/U$S. Se pasa a pesos argentinos con la cotización del 2008 y el valor es 2,33E+12 seJ/$. Este es el valor de transformidad utilizado.

Contenido Energético de la Producción de Soja:

Según el Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione, 1 kg de soja contiene 17010 kJ. Entonces si se producen 3323 kg/ha se obtienen 5,66E+10 J/ha/año.

Residuos de la producción agrícola: Según Josifovich (1988), por cada kg de grano de soja producido quedan aproximadamente 1,5 kg de rastrojos. Teniendo en cuenta este dato, si se producen 3323 kg de soja se tienen 4984,5 kg residuos/ha/año.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

ANEXO 3

EMISIONES GLOBALES CHARATA Y ROJAS

1- **CO_2 proveniente de la oxidación del suelo erosionado**

% de Materia Orgánica en el suelo es 4 (Cavalett, 2008)

% de agua en la MO es 30

La oxidación de MO libera 1,5 g de CO_2/ g de materia seca

Entonces: (1-0,3)(0,04)(1,5)=4,2E-02 g CO_2/ g de suelo erosionado

(4,2E-02)(1,7E+07)=7,14E+05 g CO_2/ año

2- **Nafta** (utilizada exclusivamente en las camionetas con las que recorren el campo y viajan desde y hasta su domicilio)

Emisiones de contaminantes:

	CO_2	CO	NOx	SO_2	PM_{10}	N_2O	CH_4
g/ Kg nafta	3,18E+03	238,3	25,46	0,165	0,03	0,316	-

Fuente: CORINAIR 2013

3- **Emisiones del Gasoil consumido por la maquinaria agrícola**: sembradora, cosechadora, pulverizadora y tractores.

	CO_2	CO	NOx	SO_2	PM_{10}	N_2O	CH_4
g/ Kg gasoil	3,16E+03	10,94	35,04	0,02	1,74	0,136	0,055

Fuente: CORINAIR 2013

4- **Electricidad**

En Argentina la matriz energética es aproximadamente 40% de petróleo, 40% de gas natural, 10% hidro y 10% nuclear. Las dos últimas no son tenidas en cuenta porque no emiten estos contaminantes.

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Emisiones de la combustión de petróleo en una central térmica

	CO_2	CO	NOx	SO_2*	PM_{10}	N_2O	CH_4
CORINAIR# g/MJ	73,30	5,00E-03	0,22	0,15	0,02	6,00E-04	3,00E-03

Fuente: CORINAIR and IPCC- EEA Emission Inventory Guidebook, 2009

* Compilation of air pollutant emission factors- Volme 1 5th Ediction, Point Sources AP-42

Emisiones de la combustión de gas natural en una central térmica

	CO_2	CO	NOx	SO_2°	PM_{10}	N_2O	CH_4
CORINAIR# g/MJ	56,10	0,04	0,09	2,90E-04	9,00E-04	1,00E-04	1,00E-03

Fuente: CORINAIR and IPCC- EEA Emission Inventory Guidebook, 2009

* Compilation of air pollutant emission factors- Volume 1 5th Edition, Point Sources AP-42

Por ejemplo, en Charata el total de electricidad utilizada es 2,55E+07 J/ha/año. Al transformarla en unidades de petróleo equivalente se obtiene una demanda energética total de 7,44E+01 MJ.

De la tabla de combustión de petróleo en una central térmica se obtiene que 1 MJ de electricidad emite 73,3 g de CO_2. Si se quemara solo petróleo las emisiones serían 5,45 kg de CO_2, pero de acuerdo a la matriz energética supuesta, el petróleo corresponde al 40%, por lo tanto se liberan 2,18 kg de CO_2. Se hace lo mismo para a quema de gas en una central y se suman las emisiones de ambos. Se repite el procedimiento para cada uno de los contaminantes.

Las emisiones de SO_2 por tipo de combustible se estiman asumiendo que todo el azufre (S) en el combustible se transforma completamente en SO_2, usando la siguiente fórmula (CORINAIR, 2013):

E_{SO2}=2 x kS x FC

Donde

KS= contenido de azufre (S) em El combustible (g/g de combustible)

E_{SO2}=emisiones de SO_2

FC= consumo de combustible (g)

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

ANEXO 4

Planillas de encuestas realizadas a los productores

INPUTS DIRECTOS, USO DE LA TIERRA Y PRODUCTOS	**UNIDADES**	
Tierra total cultivada	Ha	
Fertilizantes total (N+PO2+K2O)	g/ año	
Nitrógeno	g/ año	
Fosfato	g/ año	
Potasio	g/ año	
Electricidad	kW/ año	
Agua para irrigación	g/ año	
Gasoil Nafta	L/ año	
Maquinaria	g/ año	
Trabajo directo (unidades de tiempo)	Horas/ año	
Trabajo directo (dinero equivalente)	$/ año	
Trabajo indirecto (servicios)	$/ año	
Fungicidas	g/ año	
Insecticidas	g/ año	
Acaricidas	g/ año	
Otros agroquímicos	g/ año	
PRODUCTOS		
Masa total de producción agrícola (materia seca)	g/ año	
Valor económico de la producción agrícola	$/ año	

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.

Productos obtenidos		

PRECIOS	**UNIDADES**	
Precio gasoil	$/ L	
Precio nafta	$/ L	
Precio GNC	$/ m3	
Precio electricidad	$/ kWh	
Precio agua para irrigación	$/ m3	
Precio Nitrógeno (N)	$/ q	
Precio Fosfato (PO4)	$/ q	
Precio Potasio (K2O)	$/ q	
Precio fungicida	$/ kg	
Precio insecticida	$/ kg	
Precio acaricida	$/ kg	
Costo laboral anual	$/ año	

An evaluation version of novaPDF was used to create this PDF file.
Purchase a license to generate PDF files without this notice.