

**Análisis integrado del consumo de bienes y servicios  
ecológicos y económicos en ecosistemas agrícolas pampeanos:  
el uso de la emergía como indicador sistémico de  
sustentabilidad**

*Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires,*

*Área Producción Vegetal*

**Patricia Benzi**

Ingeniera Agrónoma - Universidad Nacional del Litoral - 2006

Lugar de Trabajo: INTA - Estación Experimental Rafaela



Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano

Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires

## **COMITÉ CONSEJERO**

Director de tesis

**Diego O. Ferraro**

Ingeniero Agrónomo, Universidad de Buenos Aires

Doctor en Ciencias Agropecuarias, Universidad de Buenos Aires

Consejero de Estudios

**Pedro Laterra**

Licenciado en Ciencias Biológicas, Universidad de Buenos Aires

Doctor en Ciencias Biológicas, Universidad de Buenos Aires

## **Dedicatoria**

A mis padres Emilce y Ricardo, con mucho amor.

## **Agradecimientos**

A Diego Ferraro, por su guía y apoyo.

A Marcelo Tolchinsky, por confiar en mí.

A Pedro Laterra, por sus valiosos comentarios.

A INTA, por darme la posibilidad de capacitarme.

A mi familia, por darme fuerza para concretar este desafío.

A Leandro, por acompañarme con su amor y entusiasmo.

A Camilo, por su luz.

A Florencia Rositano, por sus sustanciales sugerencias.

A Anahí Espíndola, por ayudarme a reflexionar.

A mi tío Yuyo, por hacer más lindas las estadías en Buenos Aires.

A Silvina y Ramiro, por las tertulias integradoras.

Y a todos los que de una u otra forma me ayudaron en esta tarea: Olga Amigone, Belen Conde, Cleri Furlan, Horacio Gil, Jorge Villar, Cesar Salto, Celeste Canesini, Alejandro De Angelis, Enrique Ortega Rodriguez, Nenis Eik, Miguel Peretti, Romina Profumo, Beatriz Urquiza, Carlos Ghida Daza, Alfredo Lattanzi, Lucas Segura, Elvecia Arce, Alexandre Souza, Alicia Irizar, Adrian Andriulo, Adriana Arnaldo, Raúl Arinci, Marcelo Salaris, Federico Bert y Maria Celeste Gregoret.

**Declaración**

*Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en ésta u otra institución.*

## **ÍNDICE GENERAL**

Declaración.....	IV
Índice de Figuras.....	IX
Índice de Tablas.....	X
Abreviaturas.....	XI
Resumen .....	XIII
Abstract .....	XVI

## **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN GENERAL**

Planteo Del Problema.....	1
Antecedentes.....	7
Objetivos e Hipótesis .....	12
Descripción de los sitios de estudio y períodos analizados.....	13

## **CAPÍTULO 2: EVALUACIÓN DE ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS USANDO LA SÍNTESIS EMERGÉTICA**

Conceptos Fundamentales.....	18
Principales aspectos y críticas de la Síntesis Emergética.....	20
Puntos básicos de la Metodología.....	24

## **CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN EMERGÉTICA DE TRES ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS DE LA REGIÓN PAMPEANA ARGENTINA**

Introducción.....	32
Materiales y Métodos.....	36
Sitios de Estudio.....	36
Descripción del período analizado.....	40

Síntesis Emergética .....	40
Resultados y Discusión .....	45
Flujos Emergéticos.....	45
Indicadores Emergéticos.....	52

#### **CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN HISTÓRICA DEL USO DE EMERGÍA EN UN ECOSISTEMA AGRÍCOLA DE LA REGIÓN PAMPEANA**

Introducción.....	58
Materiales y Métodos .....	60
Sitio de Estudio .....	61
Descripción de los períodos analizados.....	61
Síntesis Emergética .....	65
Resultados y Discusión .....	68
Flujos Emergéticos.....	68
Indicadores Emergéticos.....	87

#### **CAPITULO 5: DISCUSIÓN GENERAL**

Evaluación emergética de tres ecosistemas agrícolas contrastantes de la Región Pampeana.....	97
Evaluación histórica del uso de emergía en un ecosistema agrícola de la Región Pampeana.....	101

#### **BIBLIOGRAFÍA ..... 105**

#### **ANEXOS**

Anexo A: Tablas y notas necesarias para el cálculo de los flujos cuantitativos anuales de todos los recursos naturales e insumos económicos utilizados para la

producción de cada uno de los cultivos y su respectiva contabilidad emergética .....	126
Anexo B: Flujos agregados e indicadores energéticos. PG, MJ y MC, del período 2006-2010.....	161
Anexo C: Tablas y notas necesarias para el cálculo de los flujos cuantitativos de todos los recursos naturales e insumos económicos utilizados para la producción de cada uno de los cultivos y su respectiva contabilidad emergética, para cada trienio. Marcos Juárez 1984-2010.....	160
Anexo D: Flujos agregados e indicadores energéticos en MJ, período 1984-2010 .....	201

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Diagrama del ecosistema agrícola de MJ en lenguaje energético. ....	69
Figura 4.2. Provisión de Recursos Renovables (R) (seJ/ha/año) en MJ, por trienio. ....	70
Figura 4.3. Recursos no renovables (N) (seJ/ha/año) consumidos en MJ, por trienio, en soja de primera y maíz, trigo/soja.....	72
Figura 4.4. Costo emergético (seJ/ha/año) del total de Insumos Económicos (F) en soja de primera, maíz y trigo/soja, por trienio, en MJ. ....	74
Figura 4.5. Costo emergético (seJ/ha/año) de cada Insumo Económico (F), por trienio, en el cultivo de soja de primera, en la secuencia trigo/soja y en el cultivo de maíz en MJ. ....	76
Figura 4.6. Productos exportados (E) expresados en J/ha/año, en soja de primera, maíz y trigo/soja, por trienio.....	80
Figura 4.7. Transformidad (Tr) (seJ/J) por cultivo y trienio, en soja de primera, maíz y trigo/soja, en MJ. ....	82
Figura 4.8. Relación de Rendimiento Emergético (EYR) por cultivo y trienio, en soja de primera, maíz y trigo/soja, en MJ. ....	84
Figura 4.9. Relación de Emergía Invertida (EIR) por cultivo y trienio, en soja de primera, maíz y trigo/soja, en MJ. ....	86
Figura 4.10. Indicador de Presión Ambiental (ELR) por cultivo y trienio, en soja de primera, maíz y trigo/soja, en MJ. ....	87
Figura 4.11. Renovabilidad (% R) por cultivo y trienio, en soja de primera, maíz y trigo/soja, en MJ. ....	89

Figura 4.12. Indicador Energético de Sustentabilidad (ESI) por cultivo y trienio, en soja de primera, maíz y trigo/soja, en MJ. ....	90
Figura 4.13. Relación de Intercambio Energético (EER) por cultivo y trienio, en soja de primera, maíz y trigo/soja, en MJ. ....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Símbolos energéticos.....	25
Tabla 2.2. Ejemplo de tabla de evaluación emergética.....	26
Tabla 2.3. Indicadores energéticos estimados en este estudio..	31
Tabla 3.1. Propiedades biofísicas de los ecosistemas agrícolas de MJ, PG y MC.....	40
Tabla 3.2. Flujos emergéticos agregados de los ecosistemas agrícolas estudiados.....	46
Tabla 3.3. Detalle de F en seJ/ha/año para cada sitio, y su respectivo coeficiente de variación (CV) del promedio entre años (2006-2010).....	50
Tabla 3.4. Indicadores energéticos de los ecosistemas agrícolas estudiados.....	52
Tabla 5.1. Indicadores energéticos de los ecosistemas agrícolas estudiados y aquellos extraídos de la bibliografía.....	98
Tabla A.1. Evaluación emergética de maíz en MJ, 2006.....	124
Tabla A.2. Evaluación emergética de maíz en MJ, 2007.....	126
Tabla A.3. Evaluación emergética de maíz en MJ, 2008.....	127
Tabla A.4. Evaluación emergética de maíz en MJ, 2009.....	128
Tabla A.5. Evaluación emergética de maíz en MJ, 2010.....	129
Tabla A.6. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, 2006.....	130
Tabla A.7. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, 2007.....	133
Tabla A.8. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, 2008.....	134
Tabla A.9. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, 2009.....	135
Tabla A.10. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, 2010.....	136

Tabla A.11. Evaluación emergética de maíz en PG, 2006.....	138
Tabla A.12. Evaluación emergética de maíz en PG, 2007.....	139
Tabla A.13. Evaluación Emergética de maíz en PG, 2008. ....	140
Tabla A.14. Evaluación emergética de maíz en PG, 2009.....	141
Tabla A.15. Evaluación emergética de maíz en PG, 2010.....	142
Tabla A.16. Evaluación emergética de trigo/soja en PG, 2006.....	143
Tabla A.17. Evaluación emergética de trigo/soja en PG, 2007.....	144
Tabla A.18. Evaluación emergética de trigo/soja en PG, 2008.....	145
Tabla A.19. Evaluación emergética de trigo/soja en PG, 2009.....	146
Tabla A.20. Evaluación emergética de trigo/soja en PG, 2009.....	147
Tabla A.21. Evaluación emergética de maíz en MC, 2006.....	148
Tabla A.22. Evaluación emergética de maíz en MC, 2007.....	151
Tabla A.23. Evaluación emergética de maíz en MC, 2008.....	152
Tabla A.24. Evaluación emergética de maíz en MC, 2009.....	153
Tabla A.25. Evaluación emergética de maíz en MC, 2010.....	154
Tabla A.26. Evaluación emergética de trigo/soja en MC, 2006.....	155
Tabla A.27. Evaluación emergética de trigo/soja en MC, 2007.....	156
Tabla A.28. Evaluación emergética de trigo/soja en MC, 2008.....	157
Tabla A.29. Evaluación emergética de trigo/soja en MC, 2009.....	158
Tabla A.30. Evaluación emergética de trigo/soja en MC, 2009.....	159
Tabla B.1.Cultivo de maíz en MJ, período 2006-2010.....	161

Tabla B.2. Cultivo de trigo/soja en MJ, período 2006-2010.....	159
Tabla B.3. Promedio rotación maíz- trigo/soja en MJ, período 2006-2010; <b>Error!</b> <b>Marcador no definido.</b>	160
Tabla B.4. Cultivo de maíz en MC, período 2006-2010; <b>Error!</b> <b>Marcador</b> <b>no</b> <b>definido.</b>	60
Tabla B.5. Cultivo de trigo/soja en MC, período 2006-2010; <b>Error!</b> <b>Marcador</b> <b>no</b> <b>definido.</b>	161
Tabla B.6. Promedio rotación maíz- trigo/soja en MC, período 2006-2010..... <b>Error!</b> <b>Marcador no definido.</b>	161
Tabla B.7. Cultivo de maíz en PG, período 2006-2010; <b>Error!</b> <b>Marcador</b> <b>no</b> <b>definido.</b>	162
Tabla B.8. Cultivo de trigo/soja en PG, período 2006-2010; <b>Error!</b> <b>Marcador</b> <b>no</b> <b>definido.</b>	163
Tabla C.1. Evaluación emergética de maíz en MJ, trienio 1984-1986.....	166
Tabla C.2. Evaluación emergética de maíz en MJ, trienio 1987-1989.....	168
Tabla C.3. Evaluación emergética de maíz en MJ, trienio 1990-1992.....	169
Tabla C.4. Evaluación emergética de maíz en MJ, trienio 1993-1995.....	170
Tabla C.5. Evaluación emergética de maíz en MJ, trienio 1996-1998.....	172
Tabla C.6. Evaluación emergética de maíz en MJ, trienio 1999-2001.....	173
Tabla C.7. Evaluación emergética de maíz en MJ, trienio 2002-2004.....	174
Tabla C.8. Evaluación emergética de maíz en MJ, trienio 2005-2007.....	176
Tabla C.9. Evaluación emergética de maíz en MJ, trienio 2008-2010.....	177

Tabla C.10. Evaluación emergética de soja de primera en MJ, trienio 1984-1986.....	178
Tabla C.11. Evaluación emergética de soja de primera en MJ, trienio 1987-1989.....	180
Tabla C.12. Evaluación emergética de soja de primera en MJ, trienio 1990-1992.....	182
Tabla C.13. Evaluación emergética de soja de primera en MJ, trienio 1993-1995.....	183
Tabla C.14. Evaluación emergética de soja de primera en MJ, trienio 1996-1998.....	184
Tabla C.15. Evaluación emergética de soja de primera en MJ, trienio 1999-2001.....	185
Tabla C.16. Evaluación emergética soja de primera en MJ, trienio 2002-2004 .....	186
Tabla C.17. Evaluación emergética de soja de primera en MJ, trienio 2005-2007.....	187
Tabla C.18. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, trienio 1984-1986.....	188
Tabla C.19. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, trienio 1987-1989.....	190
Tabla C.20. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, trienio 1990-1992.....	191
Tabla C.21. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, trienio 1993-1995.....	193
Tabla C.22. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, trienio, 1996-1998.....	194
Tabla C.23. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, trienio 1999-2001.....	195
Tabla C.24. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, trienio 2002-2004.....	197
Tabla C.25. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, trienio 2005-2007.....	198
Tabla C.26. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, trienio 2008-2010.....	200
Tabla D.1.Cultivo de maíz en MJ, por trienio.....	202
Tabla D.2.Cultivo de trigo/soja en MJ, por trienio.....	200
Tabla D.3. Cultivo de soja de primera en MJ, por trienio.....	201



**Abreviaturas**

seJ: Emjoules solares

seJ/\$: Embdollar

Tr: Transformidad

EYR: Relación de rendimiento emergético

EIR: Relación de emergía invertida

ELR: Indicador de presión ambiental

%R: Renovabilidad

EER: Relación de intercambio emergético

ESI: Indicador emergético de sustentabilidad

I: Recursos provenientes de la naturaleza

R: Recursos renovables provenientes de la naturaleza

N: Recursos no renovables provenientes de la naturaleza

F: Insumos provenientes de la economía.

M: Materiales provenientes de la economía

S: Servicios provenientes de la economía

E: Contenido calórico del producto.

Y: Emergía contenida en el producto.

%MO: Contenido de materia orgánica del suelo

LM: Labranza mínima

SD: Siembra directa

RPA: Región Pampeana Argentina

MJ: Marcos Juárez

MC: Montecristo

PG: Pergamino

BA: Provincia de Buenos Aires

CBA: Provincia de Córdoba

**Análisis integrado del consumo de bienes y servicios  
ecológicos y económicos en ecosistemas agrícolas pampeanos:  
el uso de la emergía como indicador sistémico de  
sustentabilidad**

**Resumen**

Los ecosistemas agrícolas de la Región Pampeana argentina (RPA) atravesaron en las últimas décadas cambios asociados a procesos de expansión geográfica e intensificación productiva. En este trabajo se estudió el funcionamiento de ecosistemas agrícolas pampeanos mediante la síntesis emergética (de emergía). Este acercamiento analítico evalúa conjuntamente el consumo de bienes y servicios ecológicos y económicos, en una moneda común (emergía) que es la cantidad de energía solar necesaria para obtener todos y cada uno de los recursos intervinientes en el proceso de producción (naturales y comprados en el sistema económico). Este marco de análisis novedoso para el estudio de los ecosistemas agrícolas fue aplicado en la evaluación del desempeño de la rotación maíz-trigo/soja en tres ecosistemas agrícolas, Pergamino (BA), Marcos Juárez (CBA) y Montecristo (CBA), ubicados en la RPA en el período 2006-2010. Posteriormente, a partir de una base de información más extensa en el sitio Marcos Juárez, se amplió el rango temporal del estudio al intervalo 1984-2010, y a escala de cultivo individual en lugar de rotación agrícola, con el objeto de detectar tendencias históricas en los indicadores emergéticos. Los resultados del análisis a nivel de rotación mostraron que los ecosistemas evaluados fueron capaces de duplicar la emergía capturada de los recursos locales a partir del agregado de emergía externa comprada (EYR entre 2 y

2.19). También se determinó que el funcionamiento de dichos ecosistemas estuvo basado en una proporción levemente superior sobre insumos externos que sobre recursos provenientes locales propios del ecosistema (EIR entre 1.01 y 1.16). Sin embargo, los ecosistemas estudiados demostraron tener una habilidad para capturar recursos provenientes de la naturaleza proporcionalmente mayor a la presión ejercida sobre el ambiente a través del proceso productivo (ESI entre 1.99 y 2.45). Los valores obtenidos ubican a los ecosistemas agrícolas de la RPA, entre los de mayor eficiencia y renovabilidad en el contexto mundial de la producción agrícola extensiva. La mayor extensión de este análisis en un contexto histórico permitió identificar tres fases de cambio en los indicadores energéticos en cuanto a la eficiencia del uso de la energía y su renovabilidad: una fase de mejora (1984-1995), seguida por una fase de disminución (1996-2001), y una fase final de disminución; pero a tasas menores (2002-2010). Los cambios más importantes asociados al consumo de energía estuvieron explicadas por la adopción de nuevas tecnologías productivas como la introducción de la siembra directa o el uso de semillas transgénicas. Si bien, la moderación en la caída de los índices en la última fase identificada (2002-2010) es un síntoma alentador en términos del grado de explotación ambiental de los ecosistemas estudiados, será necesario que futuros aumentos en el consumo de energía comprada (e.g. insumos o servicios) estén asociados a retornos más que proporcionales en la captura de la energía local de fuente renovable. La excepción al patrón de tres fases descrito anteriormente, fue la eficiencia de conversión de la energía a grano (i.e. la inversa de la transformidad), que exhibió un aumento consistentemente en el período 1984-2010. Este aumento de la eficiencia (medida en energía requerida para obtener una unidad de energía cosechada) fue observada a pesar del aumento del flujo de insumos comprados, en el mismo período, lo que está indicando que a través del tiempo, fue posible cosechar valores crecientes de

energía por cada unidad de energía invertida. La aplicación del análisis de los flujos de energía resultó útil para detectar cambios en los sistemas estudiados. Sin embargo, los resultados obtenidos indicarían que la fortaleza del método reside en el monitoreo de cambios a escalas temporales y espaciales mayores a las estudiadas en este trabajo. De este modo, sería posible aumentar la eficiencia de detección de diferencias en el uso de energía si se analizaran patrones regionales de uso de la tierra, donde los sistemas de producción maximicen los contrastes, tanto en el consumo de bienes ecológicos (oferta ambiental) como económicos (sistemas de producción contrastantes).

Palabras clave: ecosistemas agrícolas, intensificación productiva, síntesis emergética, sustentabilidad

# **Integrated analysis of the consumption of economic and ecological goods in pampean agroecosystems: the use of emergy as a systemic indicator of sustainability**

## **Abstract**

In the last decades, argentinean pampean agroecosystems went through geographic expansion and management intensification. In this work, it was studied the functioning of pampean agricultural ecosystems by emergy synthesis. This analytical approach simultaneously evaluates the consumption of economic and ecological goods and services in a common currency (emergy), that is the amount of solar energy required for each and every one of the resources involved in the production process (natural and purchased economic system). This new analytical framework for the study of agricultural ecosystems was applied in the performance evaluation of the rotation corn-wheat/soy in three agroecosystems, Pergamino (BA), Marcos Juárez (CBA) and Montecristo (CBA), located in the RPA during 2006-2010. Then, from a broader base of information on the site Marcos Juárez, it was extended the time range of the study to the interval during 1984-2010, and at individual crop scale instead of agricultural rotation, in order to identify historical trends in emergy indices. The rotation analysis showed that ecosystems evaluated were able to double the emergy captured from local resources by adding external purchased emergy (EYR between 2 and 2.19). It was also determined that the functioning of these ecosystems was based on a slightly higher proportion of external inputs than ecosystem local resources (EIR between 1.01 and 1.16). However, ecosystems proved to have ability to capture local resources proportionately greater than pressure exerted on the environment through the production process (ESI between 1.99 and 2.45). These values located RPA agricultural ecosystems, between those of major

efficiency and renewability in the global context of extensive agricultural production. The further extension of this analysis in a historical context identified three phases of change in energy indices as to the efficiency of use of energy and renewability: an improved phase (1984-1995), followed by a phase of decline (1996-2001), and a final phase of decline, but at lower rates (2002-2010). The most important changes associated with these changes in energy consumption were explained by the adoption of new production technologies and the introduction of direct seeding or the use of transgenic seeds. Even though, the moderation in the fall of the indices in the last phase identified (2002-2010) is an encouraging sign in terms of the degree of environmental exploitation of the ecosystems studied, it will be necessary that future increases in purchased energy consumption (e.g. inputs or services) will be associated with more than proportional returns in capturing local energy renewable source. The exception to the pattern of three phases described above, was the conversion efficiency from energy to grain (i.e. the reverse of the transformity) which exhibited a consistently increased in the period 1984-2010. This increased efficiency (measured in energy required to produce a unit of energy harvested) was observed despite the increased flow of purchased inputs in the same period, indicating that over time, it was possible to harvest increasing values of energy per unit of energy invested. Applying energy flows analysis was useful to detect changes in the systems studied. However, the results indicate that the strength of the method lies in monitoring changes over time and space scales higher than those studied in this work. Therefore, it would be possible to increase the efficiency of detecting differences in the use of energy when analyzed regional patterns of land use, where production systems maximize the contrasts, both in consumption of environmental goods (environmental supply) and economic (contrasting production systems).

Keywords: agroecosystems, intensification of production, energy synthesis, sustainability

# CAPÍTULO 1

## **Introducción General**

### **Planteo Del Problema**

Los ecosistemas agrícolas son sistemas naturales modificados por el hombre con el fin de obtener un producto que genere un beneficio económico. A través del proceso productivo se busca incrementar la producción por unidad de superficie trabajada (i.e. rendimiento) para finalmente aumentar el beneficio económico percibido. Esto se lleva a cabo mediante el agregado de insumos externos al ecosistema agrícola, el manejo de los componentes que lo constituyen y de las relaciones que entre éstos se establecen (Pimentel, 1984). En Argentina, se pueden encontrar distintos tipos de ecosistemas agrícolas, con características propias según la región en que se ubican y el tipo de producción que allí se realice.

En las últimas décadas, la Región Pampeana argentina (RPA) estuvo sujeta a un proceso de expansión geográfica e intensificación productiva (i.e. obtención de mayores rendimientos), determinado por el aumento en el uso de insumos, el desarrollo de genética de alta producción y resistente a determinadas plagas y herbicidas (Trigo y Villarreal, 2010), y ajustes tecnológicos en el manejo de los cultivos (Viglizzo et al., 2002; Satorre, 2005). Desde el punto de vista del ambiente físico, dentro de la RPA, existe variabilidad en cuanto a la oferta de recursos climáticos y edáficos necesarios para la producción agrícola. En contraposición a esta variabilidad, la adopción de las innovaciones tecnológicas fue progresiva y homogénea (Qaim et al., 2005), extendiéndose a lo largo de la región y acompañando el proceso de intensificación (Satorre, 2005). Es de esperar que el proceso de intensificación productiva acompañado

por la adopción de nuevas tecnologías afecte, la tasa de cambio de los subsistemas económico y ecológico de los ecosistemas agrícolas de la región.

Actualmente es creciente la preocupación por el efecto que tienen determinadas prácticas humanas sobre el ambiente. La sustentabilidad fue definida por el Informe Brundtland (World Commission on Environment and Development, 1987) como la "capacidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades". El análisis de esta definición permite inferir que su cumplimiento está asociado a procesos de índole ecológico, económico y social. La dimensión ecológica considera aspectos que tienen ver con la preservación y potenciación de la diversidad y complejidad de los ecosistemas, con su productividad, con los ciclos naturales y con la biodiversidad en general. La dimensión económica incluye a todo el conjunto de actividades humanas relacionadas con la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Por último, la dimensión social considera el acceso equitativo a los bienes de la naturaleza, entre géneros y culturas, entre grupos y clases sociales, así como la participación democrática de las personas en la toma de decisiones sobre la gestión de los bienes públicos. Sumada a la necesidad de una descripción cualitativa de la sustentabilidad, es preciso poder describirla cuantitativamente para evaluar el funcionamiento de los sistemas. En particular para lo que respecta a la esfera ecológica de la sustentabilidad en los ecosistemas agrícolas se han desarrollado numerosos indicadores en su mayoría referidos a componentes particulares de los ecosistemas (e.g. agua, suelo o aire). Sin embargo, una visión sistémica aplicada al estudio de la sustentabilidad, permitiría, respecto a un análisis de las partes, evaluar de un modo integrado y más acabado todos los componentes de un ecosistema agrícola, aportando información que no

necesariamente podría obtenerse de la suma de las partes (e.g. propiedad emergente; Hansen, 1996).

Los indicadores de sustentabilidad representan variables que proveen información sobre los efectos de las actividades humanas en el ambiente, y permiten evaluar su variación en relación a un escenario planteado como sustentable (von Wirén Lehr, 2001).

**Tabla 1.1. Principales aproximaciones en indicadores de sustentabilidad. Basado en Dietz y Neumayer, 2007.**

Aproximación	Característica	Ejemplos	Ventajas	Desventajas
Sustentabilidad Débil	Considera que el capital natural es sustituible. Establece que la renta proveniente del agotamiento de los recursos no renovables debe ser reinvertida.	PBI verde (Producto Bruto Interno ecológicamente corregido) ISEW (Índice de Bienestar Económico Sustentable)(Daly y Cobb, 1989)	Aportan criterios para abordar valorizaciones monetarias que contemplen la amortización de los recursos naturales y los servicios del ambiente; valorizan las reservas de recursos no renovables; consideran una amplia variabilidad de factores sociales y ambientales.	Algunos daños al ambiente son inciertos, irreversibles y/o acumulativos; las valorizaciones monetarias actuales son arbitrarias.
Sustentabilidad Fuerte	Considera que el capital natural es insustituible.	Huella Ecológica (Wackernagel y Ress, 1996). LCA (Análisis del Ciclo de Vida) (Foster et al., 2006). Exergía (Szargut et al., 1988). Emergía (Odum, 1996; Brown y Ulgiati, 2004a).	Analizan el impacto de los seres humanos sobre el entorno natural; es factible complementar métodos entre sí para completar la información producida, y ampliar el espectro de análisis para la adopción de criterios a adoptar.	No son de aplicación universal; a veces es difícil disponer de la información necesaria; puede resultar confusa la comparación de distintas situaciones.

Actualmente existen dos grandes aproximaciones en la discusión sobre indicadores de sustentabilidad (Dietz y Neumayer, 2007) (Tabla 1.1): i) la "Sustentabilidad Débil", que considera la posibilidad de sustituir el capital natural por otros tipos de capital (i.e. tecnología), a su vez que sostiene que es posible asignar valores monetarios a los recursos naturales y a los servicios ambientales de la naturaleza; y ii) la "Sustentabilidad Fuerte" que considera que el capital natural es insustituible y sostiene que es necesario determinar la capacidad del planeta para

sostener el conjunto de la economía humana y mantener las funciones ecosistémicas que aseguren la vida en general. Los análisis ambientales basados en esta visión de la sustentabilidad no niegan la utilidad y el beneficio que puede proveer un sistema natural a la humanidad a través de su estructura o sus funciones, pero reconocen que el monitoreo de la capacidad de ser explotado de un ecosistema tiene que definirse a partir de su estructura biofísica, que es el criterio real de decisión que se impone en la naturaleza. En este sentido, los ecosistemas, como cualquier sistema biológico, responden a los principios de la termodinámica, que determinan su estructura, su funcionamiento y la evolución de su integridad en el tiempo (Odum 1994).

El uso de la energía puede ser empleado como un indicador sistémico del funcionamiento de ecosistemas agrícolas. Como se mencionó anteriormente, esta afirmación se basa en la propiedad de los sistemas agrícolas de, al igual que todo sistema biológico, estar sujetos a las leyes básicas de la física, como son la del intercambio de energía y la de los balances termodinámicos resultantes (Bakshi, 2002). Desde la perspectiva termodinámica, el objetivo de los ecosistemas agrícolas es mantener una cierta cantidad de energía disipada (i.e. entropía) suficiente para generar un excedente que se transforme en producto cosechable (Steinborn y Svirezhev, 2000). La consecuencia, entonces, es el requerimiento de subsidios energéticos (e.g. fertilizantes, pesticidas, mano de obra, genotipos modificados), para garantizar un funcionamiento que asegure valores elevados de biomasa cosechada. En función de lo anteriormente planteado, es posible considerar que la termodinámica determina un marco de estudio adecuado para analizar la sustentabilidad de ecosistemas agrícolas.

Distintas metodologías específicas han sido desarrolladas para analizar el funcionamiento de ecosistemas agrícolas considerando el uso de la energía. Una de ellas es el análisis energético (Hulsbergen et al., 2001), que se enfoca en el balance entre las

entradas y salidas de energía del sistema. Por otro lado, el análisis exergético (Koroneos et al., 2003) examina la fracción de la energía capaz de producir un trabajo (i.e. exergía), considerando que distintas fuentes energéticas poseen distintas capacidades de producir trabajo (Szargut, 2005). En este análisis se incorpora entonces la idea de que el consumo directo de la energía es condición necesaria para el análisis del funcionamiento de los ecosistemas agrícolas, pero no suficiente si no se contempla la capacidad intrínseca de esa energía para producir trabajo. Por último, el análisis emergético, también llamado síntesis emergética, incluye en su análisis la cuantificación de bienes y servicios ecológicos y económicos utilizados en un proceso de producción o transformación, en una unidad de energía común: la emergía (Odum, 1996).

La emergía es definida como la cantidad de un tipo de energía disponible (usualmente solar) que se ha utilizado directa o indirectamente en cada etapa de un proceso de transformación, para generar un producto o proveer un servicio. Por lo tanto, este índice constituye una valiosa herramienta de evaluación del desempeño de los ecosistemas agrícolas en cuanto al consumo de recursos durante el proceso productivo y la eficiencia resultante (Hau y Bakshi, 2004). Este proceso de evaluación ha sido denominado síntesis emergética, debido a que la síntesis es el acto de combinar elementos en un conjunto coherente. La síntesis emergética busca entender la realidad en su conjunto utilizando un enfoque sistémico, en oposición a las disecciones y divisiones de la realidad que otros métodos utilizan para construir el entendimiento. Al evaluar sistemas complejos a partir de la utilización de la síntesis emergética, los principales insumos de la economía humana y aquellos recursos "libres" provenientes de la naturaleza pueden ser integrados para analizar el manejo ambiental de un modo holístico (Brown y Ulgiati, 2004a). De acuerdo a las principales aproximaciones de la

discusión sobre indicadores de sustentabilidad (Tabla 1.1), el análisis emergético se ubica dentro de la "Sustentabilidad Fuerte".

La síntesis emergética relaciona el sistema ecológico con el económico al vincular los flujos de energía y la circulación de dinero, contrastando el valor emergético y el valor de mercado (Odum, 1996). A menudo, el valor de mercado de un bien es inverso a la contribución real del ambiente para su producción y por ello se producen distorsiones cuando el valor monetario se utiliza para evaluar las contribuciones ambientales en la generación de un bien o provisión de un servicio (Odum, 1996). Por ello, el análisis emergético propone que el poder de compra del dinero circulante de la economía debe depender de la producción de energía, es decir, de la cantidad de riqueza real disponible para comprar. La metodología también toma en cuenta la renovabilidad de los bienes y servicios (Brown y Ulgiati, 2004a), es decir, que considera que los bienes son no renovables cuando son consumidos a tasas que exceden la velocidad de la tasa a la cual son producidos a partir de recursos biológicos, mediante los procesos geológicos (i.e. combustibles fósiles, minerales, suelo). Esta integración analítica del consumo de bienes económicos y ecológicos en los ecosistemas agrícolas puede constituir una herramienta de evaluación de la sustentabilidad agrícola.

Varios investigadores han utilizado la síntesis emergética para el análisis de distintos tipos de sistemas, como son los ecosistemas pastoriles (Rótolo et al., 2007), forestales (Tilley y Swank, 2003), de producción de biodiesel (Cavalett y Ortega, 2010), y hortícolas (Martin et al., 2006). La utilidad de estos análisis para la cuantificación del consumo de bienes y servicios ecológicos y económicos en ecosistemas agrícolas ha sido demostrada recientemente por varios investigadores (Martin et al., 2006; Cavalett y Ortega, 2009; Lu et al., 2010). Sin embargo, en el caso particular de Argentina, sólo se han llevado a cabo análisis de sistemas ganaderos pampeanos (Rótolo et al, 2007), así

como una revisión histórica de la economía argentina en general con particular énfasis en la producción agrícola de la Región Pampeana Ondulada (Ferreyra, 2006).

A partir de lo enunciado hasta aquí, es posible plantear una serie de preguntas que motivan la concreción de este trabajo: i) ¿Cuál es el nivel de uso de recursos naturales y de insumos económicos en los ecosistemas agrícolas pampeanos?, ii) ¿Cuál es el nivel de retorno en términos emergéticos que deriva del intercambio con el subsistema económico?, y iii) ¿Qué posible trayectoria en el tiempo puede inferirse, a partir de la información brindada por la síntesis emergética, en cuanto a la sustentabilidad de los ecosistemas agrícolas pampeanos? Del análisis de estas preguntas, surge el objetivo general de esta tesis: estudiar el funcionamiento de ecosistemas agrícolas pampeanos en términos emergéticos a fin de presentar un diagnóstico biofísico y económico de su desempeño y, de esta manera, contar con elementos objetivos para cuantificar la sustentabilidad de los mismos.

### **Antecedentes**

La producción agrícola tiene por objetivo incrementar la fracción de biomasa producida y cosechada (i.e. maximización de la productividad), derivando en una disminución de la energía remanente disponible para estabilizar y mantener las estructuras y funciones de los ecosistemas agrícolas (i.e. menor complejidad) (Viglizzo, 1983; Giampietro y Pimentel, 1994). Al intensificarse la producción de estos ecosistemas, se producen simplificaciones en su estructura y funciones (Margalef, 1970) y, como resultado, se sustituye la autorregulación por la acción del hombre y la incorporación de insumos externos. El flujo de energía dentro del ecosistema se acelera y la energía solar entrante es canalizada a lo largo de rutas o cadenas alimenticias menos abundantes y más cortas, en comparación con ecosistemas naturales (Tivy, 1990). En este contexto surge el concepto de sustentabilidad de los ecosistemas agrícolas, como

una idea de mantenimiento en el tiempo de las funciones en los ecosistemas explotados por la agricultura (Constanza y Patten, 1995; Pope et al., 2004; Manuel-Navarrete et al., 2005). Simultáneamente a la aparición del concepto de sustentabilidad, se desarrollaron diversos métodos de estimación del grado de su cumplimiento a través de indicadores (Sadok et al., 2008; van Ittersum et al., 2008). El espectro de los indicadores de sustentabilidad agrícola es grande, abarcando desde mediciones muy precisas de componentes aislados (e.g. propiedades del suelo, del agua o del aire), hasta la evaluación del funcionamiento de la totalidad del sistema (van der Werf y Petit, 2002). Estos últimos son los que proveen la información más relevante, debido a que el objetivo de la evaluación ambiental de los ecosistemas agrícolas es la estimación de los costos ambientales que se asocian a la intensificación agrícola de manera sistémica (von Wirén-Lehr, 2001).

La forma en que la energía circula en un sistema biológico es determinante de su estructura y funcionamiento (Odum, 1983). En un sistema biológico como es un ecosistema agrícola, el alejamiento del estado de equilibrio (e.g. un pastizal natural representado por el estadio más tardío de una sucesión) puede evidenciarse, de manera estructural, en una menor complejidad o diversidad de componentes (e.g. niveles tróficos), una estructura más simple (e.g. menor número de estratos de vegetación), menos redes (e.g. ciclos biogeoquímicos menos desarrollados), lo que significa menor información incorporada al sistema (Jørgensen y Fath, 2004). Estas condiciones son dadas, por ejemplo, en el cultivo de maíz, que presenta una comunidad biológica improbable en términos de abundancia y distribución de su biota, y que existe actualmente únicamente gracias al aporte externo de energía por parte del hombre (Giampietro et al., 1992).

Como parte del estudio de los flujos de energía, la termodinámica contribuye a cuantificar el concepto de sustentabilidad en ecosistemas agrícolas a través del concepto de exergía (Lems et al., 2002). De acuerdo a la primera ley de la termodinámica, la energía siempre se conserva, por lo que un balance energético implica que los ingresos y salidas son de cantidad equivalente. Sin embargo, una parte de la energía se pierde en cada uno de los procesos de conversión en una forma incapaz de producir trabajo (i.e. calor). Se denomina entonces exergía al remanente de energía capaz de producir trabajo luego de cada transformación físico-química (Szargut et al., 1988). Un balance exergético reconoce entonces que la energía puede disminuir en calidad (i.e. capacidad de hacer trabajo o exergía) durante estas transformaciones, a pesar de no poder ser creada ni destruida; indicando que los procesos reales consumen exergía y no energía (Rosen et al., 2008). Esto hace referencia a procesos anabólicos, en los que la energía se concentra (i.e. aumenta de complejidad) a medida que se consume. Es por esta razón que la exergía es utilizada como unidad de medida de la variación de la calidad de la energía, lo cual sería imposible de hacer en el caso de la medición de la energía solamente.

Lo presentado hasta aquí jerarquiza la importancia de la realización de un balance de exergía de los sistemas para estimar los lugares, los tipos y las magnitudes de las pérdidas de exergía, y así calcular precisamente el margen existente para la reducción de ineficiencias en el diseño de los sistemas energéticos (Rosen y Scott, 2003; Cornelissen, 1997). Por otro lado, la cuantificación de la exergía no incorporada al sistema agrícola puede ser utilizada como indicador del potencial de generación de procesos físicos y ambientales descontrolados. Estos procesos pueden alterar la estructura del sistema (e.g. erosión, contaminación, extinción), dando también lugar a alteraciones funcionales como la provisión de servicios de los ecosistemas (i.e. funciones propias de los

ecosistemas que representan beneficios directos o indirectos) a los individuos y a las poblaciones humanas (Kremen, 2005; Luck et al., 2003; Egoh et al., 2008), y que son usados internamente por los sistemas agrícolas (e.g. polinización, regulación del agua y de la erosión) (Pimentel et al., 1997).

El concepto de exergía puede aplicarse en el cálculo del flujo de emergía de un sistema. La emergía es la exergía usada directa o indirectamente en las transformaciones necesarias para producir un bien o servicio (Odum, 1996; Hau y Bakshi, 2004) y provee una imagen comprensible de las contribuciones ambientales a su obtención (Rótolo et al., 2007). En el caso de un ecosistema agrícola, este producto puede estar representado por alimentos, fibras o energía. Mediante la síntesis emergética se integran en una misma unidad, los emjoules solares (seJ) y los flujos de materia, de energía y de capital (Odum, 1996), permitiendo una más fácil y significativa comparación de los flujos y las variables de estado dentro y entre sistemas (Tilley y Swank, 2003).

La síntesis emergética usa un marco de análisis espacial y temporal más amplio que el análisis energético o el análisis económico, ya que evalúa todos los insumos que sostienen el funcionamiento de un sistema, especialmente aquellos que no son tenidos en cuenta por los métodos económicos (i.e. recursos provistos en forma gratuita por el sistema natural) (Brown y Ulgiati, 2004a). Esto es posible gracias a la utilización de la variable emdollar, que mide el poder de compra del dinero con respecto a la emergía dentro de un sistema económico (Odum, 1996), dando una estimación del costo ambiental actual de cualquier tipo de recurso que no está meramente limitado por su precio económico o contenido energético (Pulselli et al., 2008). Por un lado, los análisis económicos son menos ventajosos ya que hacen énfasis en la interfase entre la economía de mercado y el ambiente al focalizarse únicamente en la reducción de costos económicos y en el incremento del producto económico, subestimando así el valor

ambiental de los recursos e insumos. Por otro lado, los análisis energéticos se focalizan en el uso económico de la energía y guían el desarrollo de los sistemas hacia un uso más eficiente de la energía. Por ello, lo novedoso de la metodología emergética es que ésta captura el valor de los bienes reales, que no cambian con las variaciones en el flujo de dinero de la economía (Lu et al., 2010).

La aplicación de la metodología emergética provee una serie de indicadores, a partir de los cuales se puede concluir sobre la eficiencia de producción de un ecosistema agrícola dado, considerando el uso de insumos económicos y recursos naturales durante el proceso de producción. Los ecosistemas con un mejor desempeño desde el punto de vista emergético serán aquellos que muestren una mayor eficiencia de producción, menor dependencia de insumos comprados, y que provoquen un menor impacto sobre el ambiente. La síntesis emergética ha sido empleada para analizar la sustentabilidad de distintos tipos de ecosistemas agrícolas en diversas partes del mundo y con distintos enfoques (Ortega et al., 2005; Cavalett et al., 2006; Chen et al., 2006). Por ejemplo, se la ha utilizado para cuantificar el consumo de bienes y servicios ecológicos y económicos del sector agrícola de un país necesarios para soportar una sociedad industrial (Rydberg y Haden, 2006). También se la ha explotado en la comparación del uso de recursos e insumos y del impacto ambiental de sistemas de producción de pasturas perennes en contraposición a cultivos anuales (Lefroy y Rydberg, 2003). En otros casos, esta metodología ha sido usada para comparar sistemas de alta producción con sistemas de subsistencia (Martin et al., 2006) y con sistemas agroecológicos (Castoldi y Bechini, 2010), así como para evaluar la sustentabilidad de determinados cultivos para producción de biodiesel (Takahashi y Ortega, 2010).

En conclusión, el uso de la emergía puede proveer un diagnóstico de la eficiencia, la renovabilidad, la intensidad de uso de los recursos naturales y la dependencia de

energía fósil de los procesos productivos en un ecosistema agrícola. Basado en los antecedentes previamente descritos, esta tesis evaluó 1) los flujos de energía de distinto origen en tres ecosistemas destinados a la producción agrícola en la Región Pampeana, 2) la evolución temporal de esos flujos a largo plazo en uno de los ecosistemas seleccionados. Ambos resultados son finalmente contextualizados en el marco de valores de uso de energía para sistemas de producción análogos, para mejorar el entendimiento de los efectos de las tecnologías modernas de producción incorporadas en las últimas décadas sobre la sustentabilidad biofísica de los procesos productivos locales.

## **Objetivos e hipótesis de trabajo**

### **Objetivos**

#### **Objetivo general**

Estudiar el funcionamiento de ecosistemas agrícolas pampeanos a través de la evaluación de los flujos de energía, con el fin de i) proceder a un diagnóstico integrado de su desempeño biofísico y económico, y ii) contar con elementos objetivos para inferir su sustentabilidad.

#### **Objetivos específicos**

1) Estudiar a través de la síntesis emergética el desempeño de una rotación agrícola típica en tres ecosistemas agrícolas de la Región Pampeana.

2) Ampliar la temporalidad del estudio realizado en el *Objetivo 1* y analizar la evolución histórica de uno de los ecosistemas agrícolas evaluando su desempeño según el tipo de cultivo.

## **Hipótesis y predicciones**

**Hipótesis 1:** Los ecosistemas agrícolas pampeanos basan su funcionamiento principalmente en la emergía que proviene del consumo de insumos no renovables provenientes de la economía, lo que compromete su sustentabilidad en el tiempo.

**Predicción:** El funcionamiento actual de los ecosistemas agrícolas pampeanos actuales está comprometiendo su sustentabilidad a partir de valores bajos de retorno de emergía y de una elevada proporción de consumo de recursos no renovables.

**Hipótesis 2:** El proceso de intensificación del uso de insumos y servicios en la agricultura afectó a través de los años la eficiencia de uso de la emergía en los ecosistemas agrícolas.

**Predicción:** Los ecosistemas agrícolas aumentaron el consumo de recursos naturales e insumos económicos en las últimas décadas, y paralelamente la eficiencia de su aprovechamiento y el retorno obtenido por esa inversión (en terminos emergéticos) se han visto disminuidos.

## **Descripción de los sitios de estudio y períodos analizados**

Los ecosistemas agrícolas usados como objeto de estudio en este capítulo están ubicados en tres zonas distintas de la RPA (Figura 1.1). A pesar de que la RPA se considera fisionómica y topográficamente uniforme, se pueden reconocer en ella diversas unidades en base a su geomorfología, geología, fisiografía, suelos y vegetación (Soriano et al., 1991). Estas unidades son: Pampa Ondulada, Pampa Central Subhúmeda, Pampa Central Semiárida, Pampa Austral, Pampa Mesopotámica, y Pampa Deprimida (Figura.1.2). Dentro de la Región Pampeana, tres áreas han sido escogidas como puntos de análisis: Pergamino (PG), ubicado en la Pampa Ondulada; Marcos Juárez (MJ), ubicada en la Pampa Central Subhúmeda; y Montecristo (MC), ubicado en

una zona de transición entre la Región de Espinal y la Región Pampeana, al norte de la subregión Pampeana Semiárida (Figura 1.2). Como se mencionó anteriormente el estudio de los flujos de energía tiene en la tesis dos etapas definidas:

1) Análisis a nivel de rotación agrícola en las tres áreas definidas (2006-2010)

En una primera etapa se estudió el desempeño de una rotación agrícola típica (maíz-trigo/soja) en cada uno de los sitios de estudio. De cada sitio se recopiló información referida al manejo agronómico implementado y se tomaron registros climáticos correspondientes a los cinco años evaluados (período 2006-2010). Cada uno de los lotes en las zonas elegidas presentó un manejo agronómico general (i.e. fecha y densidad de siembra, uso de insumos) que representa el modelo de producción más frecuente en la zona de estudio. De esta manera, los resultados obtenidos se restringen a los sistemas estudiados, reconociendo que es posible algún grado de modificación en los valores obtenidos en el caso de sistemas homólogos, pero que difieran en la intensidad de recursos utilizados. Sin embargo, *a priori*, esta variabilidad puede ser considerada como de una magnitud reducida debido a la alta homogeneidad regional entre los modelos de producción modernos (Qaim et al., 2005)

2) Análisis a nivel de tipo de cultivo de una de las áreas seleccionadas (1984-2010)

La segunda etapa de análisis se restringe a la zona de Marcos Juárez, en el período de tiempo extendido entre los años 1984-2010, con el objeto de detectar tendencias temporales en los indicadores emergéticos.

La estructura de esta tesis cuenta con un capítulo introductorio (Capítulo 1). Posteriormente en el Capítulo 2 se enuncia la base teórica en la que se apoya la idea de usar la termodinámica, y en especial los flujos de energía, como un camino novedoso y

relevante en el análisis ambiental de los ecosistemas agrícolas y se comentan los conceptos fundamentales y puntos básicos de la metodología de síntesis emergética. En el Capítulo 3 se realiza la evaluación del funcionamiento y desempeño biofísico y económico de ecosistemas agrícolas pampeanos, a partir del análisis de la rotación mencionada en tres ecosistemas (PG, MJ y MC), en base a la información del período 2006-2010. En el capítulo 4 se realiza la evaluación temporal a partir del análisis histórico particular del ecosistema de MJ, incluyendo datos correspondientes a un período de 27 años (1984-2010), analizado por trienios, para facilitar la interpretación de los resultados. Por último el capítulo 5, intenta servir de síntesis de los resultados encontrados, a través de la contextualización de los mismos entre ecosistemas análogos así como posibles caminos a seguir en futuras investigaciones basadas en el uso de la emergía como indicador de sustentabilidad de ecosistemas agrícolas.

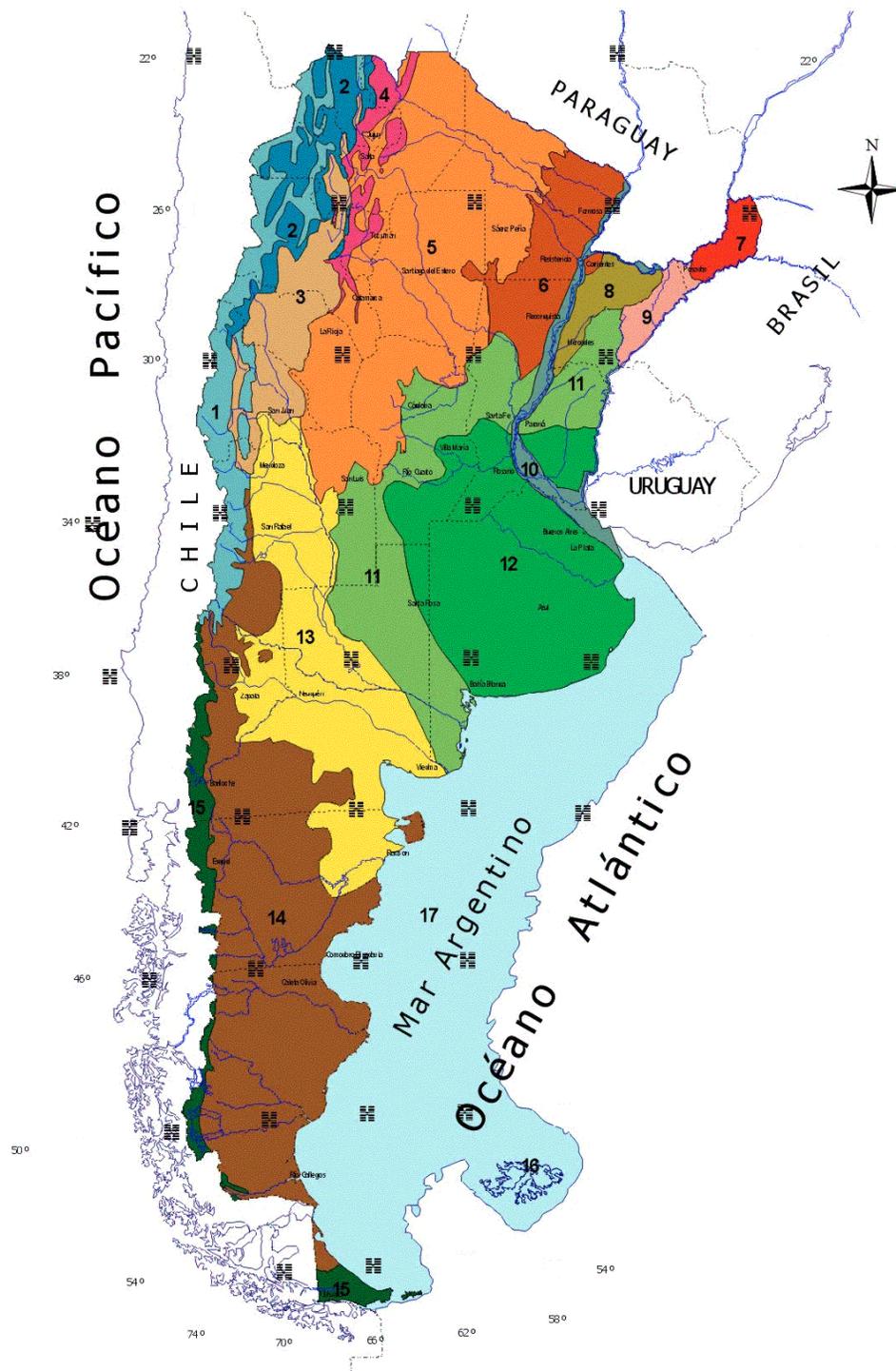


Figura 1.1. Mapa de Eco-Regiones de la Argentina. Sistemas de Información Ambiental Nacional (SIAN), 2010. La Región Pampeana se muestra en color verde oscuro (Nro.12), y la Región de Espinal en color verde claro (Nro.11).

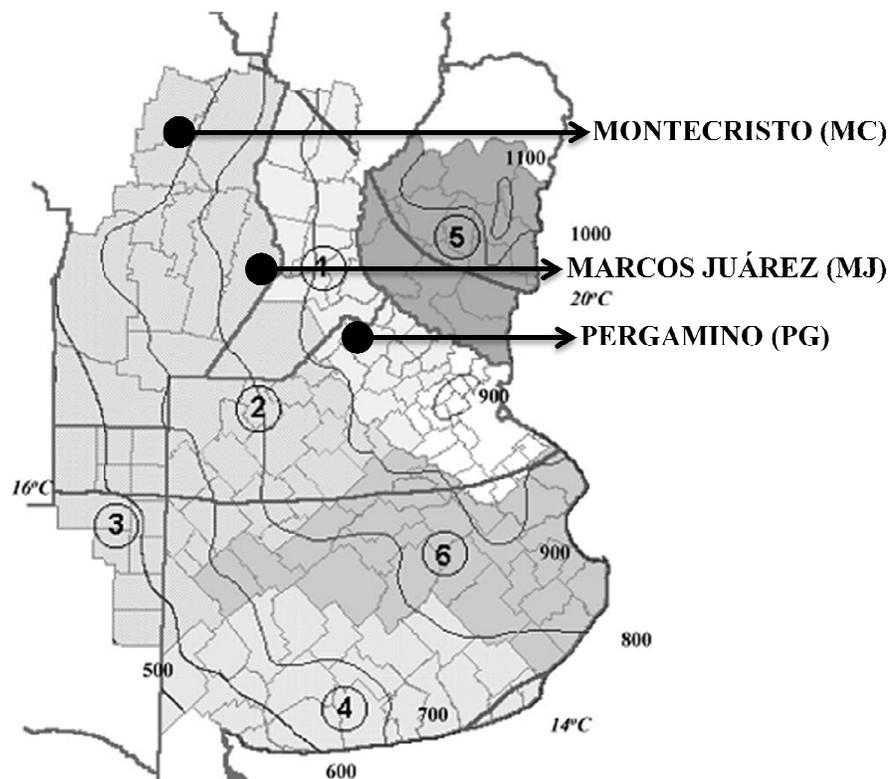


Figura 1.2. Ubicación de los sitios de estudio. Áreas ecológicas relevantes de la Región Pampeana Argentina: (1) Pampa Ondulada, (2) Pampa Central Subhúmeda, (3) Pampa Central Semiárida, (4) Pampa Austral, (5) Pampa Mesopotámica, y (6) Pampa Deprimida. Las isolíneas delgadas son isohietas (mm por año); las líneas gruesas son temperaturas medias anuales (°C) (Fuente: Modificado de Viglizzo et al., 2004).

## CAPÍTULO 2

### EVALUACIÓN DE ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS USANDO LA SÍNTESIS EMERGÉTICA

#### Conceptos Fundamentales

La síntesis emergética permite estudiar el desempeño productivo de los distintos sistemas de cultivo y contrastar análisis económicos y ambientales de sustentabilidad (Barros et al., 2009). El concepto central de emergía puede definirse como la conversión de todos los flujos de energía a una unidad común, los emjoules solares (seJ), que referencian cada magnitud de energía en términos de energía solar equivalente integrando en una misma unidad el flujo de materia, energía y capital (Odum, 1996). Por ejemplo: luz solar, combustible, y servicios brindados por el hombre, son integrados en una unidad común que los transforma en la energía solar necesaria para producirlos. La emergía solar es la cantidad de energía de calidad igual a la del sol, necesaria para generar un determinado producto. No se habla de una cantidad de energía de origen solar, sino de una cantidad de energía (cualquiera sea el origen) con calidad referida a la de la energía solar. La elección de la energía solar como energía de referencia se explica por el hecho de que ésta es la mayor pero más dispersa entrada de energía a la Tierra (es decir, la de menor capacidad de realizar trabajo) (Lomas et al., 2007). De este modo todos los procesos biológicos de transformación de energía se expresan en relación a la cantidad de energía solar necesaria para alcanzar un estado final de transformación (Odum, 1996).

Las unidades energéticas son calculadas basándose en la energía que es requerida para producirlas. Hay tres tipos principales de valores de unidades energéticas (Brown y Ulgiati, 2004a): la transformidad, la energía específica de un valor de unidad energética y la energía por unidad de dinero.

-La **transformidad** mide la cantidad de energía necesaria para la generación de una unidad de producto. Se calcula dividiendo el total de energía requerida por el sistema de producción de cada cultivo por la energía de cada producto, y se expresa en seJ /J (energía por Joule). Como su nombre lo indica, la transformidad puede ser usada para "transformar" una energía dada en energía; es decir, multiplicando la energía por la transformidad (Brown y Hereenden, 1996). Indica la posición jerárquica que tendría un producto si se lo ubicara en una escala termodinámica de transformaciones crecientes desde energías menos a más diluídas y provee una medida de la eficiencia energética del sistema de producción (Brown y Ulgiati, 2004a). En los procesos controlados por el ser humano, el mismo flujo de energía o producto puede originarse de distintos procesos, y tener diferentes transformidades de acuerdo a un tiempo específico, localización y desarrollo tecnológico: por lo tanto, estos valores deben ser cuidadosamente seleccionados de la bibliografía (Ulgiati et al., 1995). Cuanto mayor es la transformidad de un recurso o insumo, mayor será la actividad ambiental necesaria para producirlo (i.e. se necesitan más joules solares -seJ- para obtener un joule de producto). De alguna manera, el uso de materiales y energía de alta transformidad requieren grandes flujos de energía ambiental para hacerlos. Por lo tanto, la transformidad es un indicador de contribuciones ambientales pasadas a un recurso y de la futura presión en los sistemas ambientales que resultará de su uso (Ulgiati et al., 1995). La explicación de este término será complementada en la sección que refiere a los puntos básicos de la metodología.

-La **energía específica** es la energía por unidad de masa, usualmente expresada en seJ/g (energía por gramo). Los materiales pueden ser evaluados con datos de energía por unidad de masa a partir de su concentración y, al requerirse energía para concentrar los materiales, el valor de la unidad energética de éstos se incrementa con su concentración. Elementos y componentes que no son abundantes en la naturaleza tienen relaciones de energía/masa mayores cuando son encontrados en forma concentrada, ya que una mayor cantidad de trabajo fue requerido para concentrarlo espacial y químicamente (Brown y Ulgiati, 2004a).

-La **energía por unidad de dinero** (seJ/\$) es usada para convertir los pagos realizados con dinero en unidades energéticas. Siendo que el dinero es pagado a las personas por sus servicios y no al ambiente, la contribución a un proceso representado por el pago de dinero es la energía que las personas pueden adquirir con el dinero. La cantidad de recursos que el dinero puede obtener depende de la cantidad de energía que sostiene la economía y de la cantidad de dinero circulante. La relación media de energía-dinero puede ser calculada dividiendo el total de energía usada por un estado o nación por su producto bruto económico. El resultado se expresa en emdollars (abreviado em\$). Este cálculo se realiza para cada país, y el mismo valor es utilizado para las estimaciones de todos los sistemas inmersos en esa economía (Odum, 1996). Cuando se compara el beneficio obtenido del intercambio entre dos países, es necesario evaluar la relación de energía/dinero de ambos países.

### **Principales aspectos y críticas de la Síntesis Emergética**

Muchas de las ideas asociadas al uso de la energía como indicador tienen en común, al menos en parte, su origen en la termodinámica, en particular su segunda ley: la imposibilidad de convertir completamente toda la energía de un tipo en otro, sin pérdidas. Revisando los principales aspectos de la metodología y las críticas que se le

han hecho, es posible analizar las principales fortalezas y debilidades de la metodología de síntesis emergética.

Dentro de las fortalezas, el análisis emergético supera la limitación que tienen muchas otras aproximaciones que no consideran adecuadamente la contribución de los procesos ecológicos a los procesos productivos y al bienestar humano. Un amplio rango de productos y servicios de los ecosistemas no reciben ningún valor desde las aproximaciones económicas convencionales a pesar del hecho de que son usados y consumidos para la obtención de productos económicamente valorables. Por lo tanto, el análisis emergético compensa la inhabilidad del dinero a valorar objetivamente insumos que no son del mercado (Zhou et al., 2010). Adicionalmente, los métodos no emergéticos tampoco contabilizan la información; es decir, aquellos flujos que implican magnitudes de energía insignificante pero que son sostenidos por una gran cantidad de flujos de recursos indirectos (Brown y Ulgiati, 2004a). Según la metodología emergética, la emergía de la información es acorde a la emergía requerida para generarla y mantenerla. Los ecosistemas conducidos por una serie de recursos e insumos, generan información y la almacenan de diferentes maneras (e.g. semillas, estructura, biodiversidad) (Ulgiati y Brown, 2009). La transformidad de esa información varía según sea extraída o no de un ecosistema diferente al que la utiliza (e.g. semilla comprada *versus* semilla de producción propia) (Odum, 1996).

La unidad común (seJ) permite comparar todos los recursos e insumos consumidos en una base común. De este modo, el análisis emergético provee un puente que conecta los sistemas económicos y ecológicos. Siendo que la emergía puede ser cuantificada para cualquier sistema, sus aspectos económico y ecológico pueden ser comparados en una base objetiva, independiente de su percepción monetaria. En términos sistémicos, la evolución de un sistema biológico implica entonces en última

instancia la acumulación y el intercambio de energía solar acumulada en la estructura en forma de materia o de información (Ulgiati et al., 2007).

La síntesis emergética está basada en principios de la termodinámica, y en la teoría y ecología de sistemas. En este contexto, el análisis emergético reconoce las distintas calidades de energía o habilidades para hacer trabajos. Comparado con otros análisis energéticos, difiere en las medidas estándar de energía usadas para describir los patrones de actividad (Ayres, 2004). Algunos ejemplos de otros análisis energéticos pueden ser: 1) el análisis del ciclo de vida que contabiliza los flujos de materia y energía que participan a todo el proceso de generación de un producto dado; 2) el análisis exergético reconoce que, aunque la energía no puede ser creada ni destruida, puede disminuir su calidad; 3) los análisis económicos que evalúan los costos y beneficios en relación a la economía; y 4) los análisis energéticos que analizan la economía energética de los sistemas. Ninguno de estos métodos contabiliza la contribución ambiental en la generación de un producto o servicio, que si realiza el análisis emergético a partir del reconocimiento del trabajo hecho por la naturaleza (Rótolo et al., 2007). Los indicadores emergéticos EYR (relación de rendimiento emergético), EIR (relación de energía invertida), Tr (transformidad), ELR (indicador de presión ambiental), EER (relación de intercambio emergético), % R (renovabilidad) y ESI (indicador emergético de sustentabilidad), permiten concluir acerca del trabajo hecho por la naturaleza, en relación con el efectuado por el sistema económico (ver cuadro 2.3). Por ello, se puede concluir que el análisis emergético provee una alternativa más holística con respecto a otros métodos existentes, ya que permite cuantificar la contribución del capital natural necesario para sostener una determinada actividad económica (Brown y Ulgiati, 2004a).

Por otro lado, las críticas que ha recibido la aproximación de cuantificación emergética en el contexto del estudio de sistemas manejados, son comunes a las de otras

aproximaciones (e.g. análisis del ciclo de vida, análisis del flujo de materiales, análisis exergético). Se ha discutido la fundamentación de que la emergía, al considerar todas las contribuciones del ambiente al sistema económico, es una medida completa de la riqueza (Cleveland et al., 2000; Ayres, 2004). La teoría emergética del valor, como otras teorías del valor basadas en energía y exergía, se focaliza del lado del proveedor e ignora las preferencias humanas y la demanda. La economía moderna, que focaliza su valoración en los humanos y sus valores y no en el mundo biofísico, ha puesto en duda la habilidad de estas teorías de ser capaces de capturar la valoración que hacen los humanos de los productos (Solow, 1997; Stiglitz, 1997). Otra crítica incluye la relación de la emergía con otras cantidades termodinámicas. Pareciera haber confusión sobre la relación entre emergía y otras propiedades termodinámicas, tales como energía y exergía, lo cual ha generado cierto escepticismo sobre la emergía (Hau and Bakshi, 2004). El empleo de transformidades previamente calculadas y tabuladas para cada flujo, estimadas a partir de procesos de varios sistemas distintos (Odum, 1996), es también uno de los puntos conflictivos y discutidos de la metodología (Hau and Bakshi, 2004). Asimismo, el hecho de combinar escalas de tiempo dispares que, conceptualmente, implican el cálculo de la emergía de algunos recursos e insumos almacenados y puede requerir conocer toda la energía solar que fue requerida para hacerlo, es problemático por el hecho de que es difícil conocer los insumos, recursos y procesos involucrados a lo largo de un período de tiempo extenso.

Como en todas las ciencias básicas, las constantes y estándares no son realmente constantes y se adaptan de acuerdo al nuevo conocimiento que se va generando. Por esta razón, al disponerse de valores más actualizados, es posible alcanzar un mejor entendimiento. En lo que se refiere al análisis emergético, se sabe que éste no ha considerado la incertidumbre en muchos de los valores usados para calcular las

transformidades. Debido a su amplio enfoque, los datos numéricos que se utilizan para calcular progresivamente la emergía de un objeto arrastran grados de incertidumbre que no serían correctamente integrados (Ingwersen, 2010; Zhang y Long, 2010). En la actualidad, los esfuerzos son grandes en la búsqueda de un aumento de intercambios e interacciones de ideas entre las distintas áreas temáticas, con más investigación enfocada a verificar los valores usados en el análisis emergético.

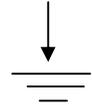
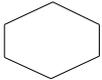
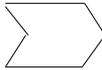
### **Puntos básicos de la Metodología**

La metodología de evaluación emergética ha sido desarrollada en detalle en varios trabajos (Odum, 1996; Odum et al., 2000; Brown y Ulgiati, 2004a). Sus puntos básicos son los siguientes:

a) Establecimiento de los límites espacio-temporales del sistema investigado y elaboración de un diagrama de flujos representando los principales componentes y flujos de energía, materia y capital. Se representa a través de diagramas de flujos, utilizando la simbología energética (Odum, 1994, 1996). Los diagramas son utilizados para mostrar los insumos y recursos que son evaluados y sumados para obtener la emergía resultante de un flujo o almacenamiento. El propósito del diagrama es conducir un inventario de los procesos, almacenamientos y flujos que son importantes para el sistema en consideración y que, por lo tanto, es necesario evaluar. Los componentes y flujos dentro de los diagramas son organizados de izquierda a derecha reflejando la energía más disponible a la izquierda, decreciendo hacia la derecha con cada transformación de energía sucesiva (Figura 2.2). Un resumen de los principales símbolos energéticos utilizados en los diagramas emergéticos se presenta en la Tabla 2.1.

b) Cuantificación de los procesos relevantes. Esta etapa complementa la identificación de flujos de producción, de consumo y de capital (i.e. transacciones económicas), así como posibles interacciones entre subsistemas del sistema estudiado. Cada uno de estos flujos es cuantificado en unidades físicas (i.e. Joules, kilogramos, US\$). Esta etapa requiere la disponibilidad de un inventario de insumos, recursos y actividades realizadas en el sistema a estudiar. Las tablas de los flujos existentes de producción, consumo y capital son construidas a partir de los diagramas.

**Tabla 2.1. Símbolos energéticos (Adaptado de Odum, 1996).**

Símbolo	Concepto
	Marco Del Sistema: Figura rectangular que representa los límites del sistema seleccionado.
	Fuente: Cualquier insumo o recursos que cruza el límite del sistema es una fuente, incluyendo flujos de energía, materiales, información, genes, servicios e insumos que son destructivos. Las fuentes son ordenadas por fuera del límite de izquierda a derecha siguiendo su transformidad solar, comenzando con la luz solar a la izquierda y los servicios humanos a la derecha.
	Flujos: Cualquier flujo es representado por una línea, incluyendo energía, materiales e información.
	Los flujos de dinero se representan con líneas punteadas.
	Disipador de calor: Representa la dispersión de energía disponible (energía potencial) a energía degradada, sin capacidad de hacer trabajo. Estas dispersiones están asociadas a depósitos, interacciones y productores.
	Depósito: Representa cualquier cantidad almacenada dentro del sistema, incluyendo materiales, energía, dinero e información.
	Transacción de intercambio: Representa las cantidades de un flujo que son intercambiadas por las cantidades de otro flujo. Los intercambios suelen ser de bienes, servicios o productos por dinero.
	Productor: Se utilizan en general para unidades que reciben materia prima y otros insumos de distintos tipos para transformarla y para generar productos. Generalmente se ubican del lado izquierdo del diagrama. Los procesos pueden representar productores de tipo biótico (plantas) o antrópico (fábricas).
	Consumidor: Representa componentes que reciben productos y realimentan con servicios o materiales al sistema. Se ubican del lado derecho de los diagramas.
	Interacción: Representa la convergencia de dos o más flujos de varios tipos, que a través de varios procesos generan flujos de mayor calidad.

c) Desarrollo de tablas de evaluación. Una vez cuantificados los flujos del sistema, se procede a la evaluación en términos de flujos de energía. Para ello, se utilizan

valores de conversión de cada uno de los recursos e insumos (i.e. transformidad, emergía por unidad de masa y emergía por unidad de dinero) que traducen los valores a unidades emergéticas (seJ) expresadas por unidad de tiempo y/o de superficie (Tabla 2.2).

**Tabla 2.2. Ejemplo de tabla de evaluación emergética.**

Nota*	Ítem**	Unidad***	Emergía por unidad	Emergía
Recursos Renovables (R)				
1	Radiación	J/ha/año	seJ/J	seJ/ha/año
2	Viento	J/ha/año	seJ/J	
3	Lluvia	J/ha/año	seJ/J	seJ/ha/año
Recursos No Renovables (N)				
4	Pérdida de suelo	J/ha/año	seJ/J	seJ/ha/año
Insumos Económicos (F)				
5	Comba. y Lubr.	J/ha/año	seJ/J	seJ/ha/año
6	Nitrógeno	kg/ha/año	seJ/kg	seJ/ha/año
7	Fósforo	kg/ha/año	seJ/kg	seJ/ha/año
8	Semillas	kg/ha/año	seJ/kg	seJ/ha/año
9	Herbicidas	J/ha/año	seJ/J	seJ/ha/año
10	Insecticidas	J/ha/año	seJ/J	seJ/ha/año
11	Maquinaria	kg/ha/año	seJ/kg	seJ/ha/año
Labores y Servicios (S)				
12	Labor	\$/ha/año	seJ/\$	seJ/ha/año
Producto (Y)				
13	Rendimiento	J/ha/año	seJ/J	seJ/ha/año

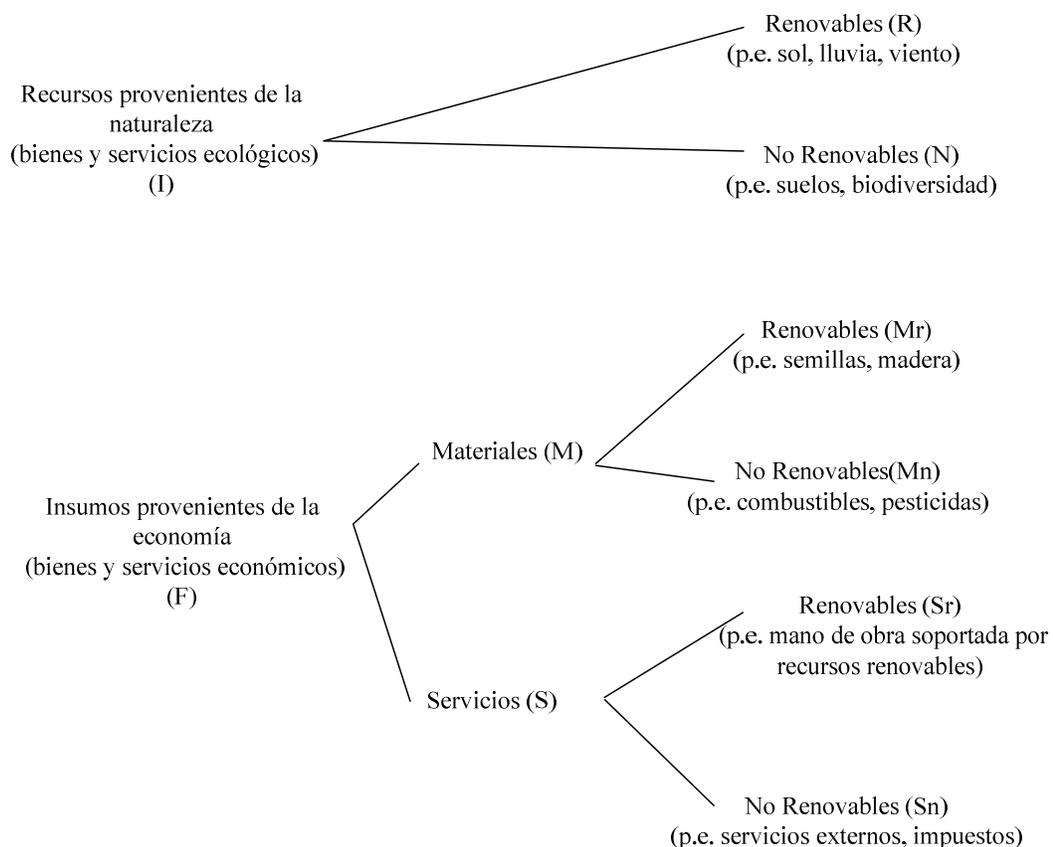
\*Orden en que está colocado cada ítem y orden de la nota al pie de la tabla en la que se refiere el origen del dato y los cálculos realizados para su transformación a las unidades correspondientes.

\*\* Flujo evaluado.

\*\*\* Cifra proporcionada por los cálculos elaborados para cada flujo. Se utilizan los valores anuales de las contribuciones de la naturaleza y de la economía humana, en la unidad más usada correspondiente a cada flujo.

La transformidad solar es la emergía solar requerida para hacer un Joule de un servicio o producto, su unidad son los emjoules solares por Joule (seJ/J). La emergía solar de un producto es el cociente entre la emergía de un producto dividido por su energía. La transformidad solar de la luz solar absorbida por la tierra es 1.0 por definición. Para calcular la transformidad de un producto se deben evaluar todos los insumos y recursos que fueron requeridos para generar un producto, proceder a la suma de esa emergía y finalmente dividir este valor por la energía que contiene el producto obtenido. Por ejemplo, si 4000 Joules solares son requeridos para generar un Joule de maíz, entonces la transformidad de ese maíz son 4000 Joules solares/Joule (abreviado

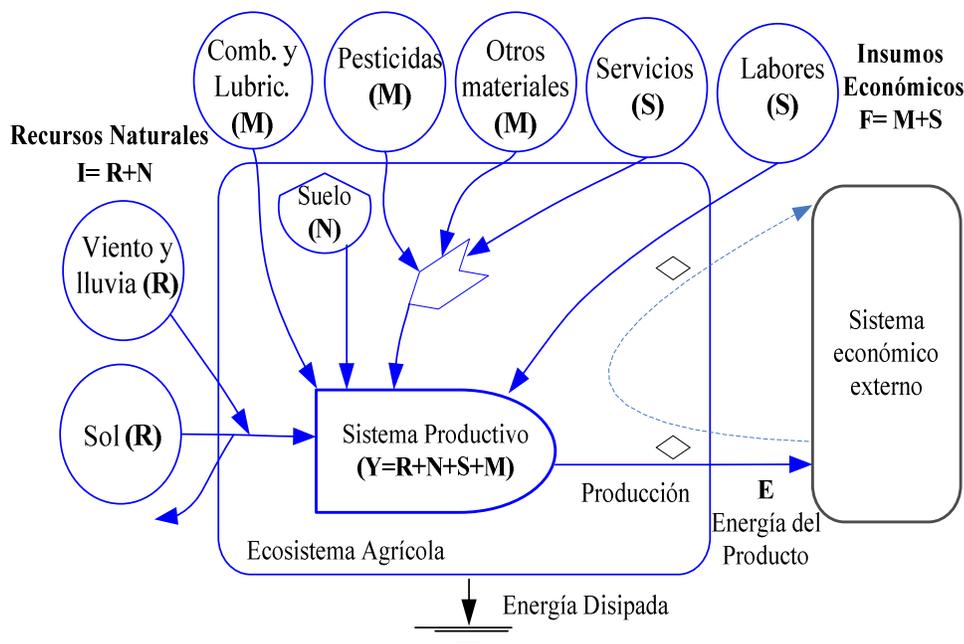
seJ/J). Los valores de transformidad obtenidos de una evaluación particular, pueden ser útiles para otras evaluaciones energéticas. Por lo tanto, a medida que se van realizando evaluaciones energéticas de distintos productos, nuevos valores son generados. Existen en la literatura valores de transformidad estimados para varios productos, pero es esencial utilizar aquellos valores que provengan de sistemas presentando una similitud importante con el sistema estudiado (Brown y Ulgiati, 2004a). En el caso del presente estudio, los valores de energía por unidad de masa fueron seleccionados de la bibliografía disponible, mientras que la energía por unidad de dinero se basó en un trabajo previo que hace énfasis en ecosistemas agrícolas argentinos (Ferreira, 2001).



**Figura 2.1** Clasificación de bienes y servicios económicos y ecológicos utilizada en este trabajo.

Cada entrada de emergía al sistema de producción es clasificada según su origen en: recursos provenientes de la naturaleza (I: bienes y servicios ecológicos) o insumos provenientes de la economía (F: bienes y servicios económicos) (Figura 2.1). Estos flujos son, a su vez, clasificados nuevamente según sean renovables o no renovables. Dentro de los renovables se encuentran los recursos renovables (R), materiales renovables (Mr) y servicios renovables (Sr); y entre los no renovables: están los recursos no renovables (N), los materiales no renovables (Mn) y los servicios no renovables (Sn) (Figura 2.1). Es importante remarcar, que en los cálculos emergéticos basados en las tablas de evaluación emergética (Tabla 2.2.), los materiales y servicios no son considerados como totalmente no renovables (Ulgiati et al., 1994; Ortega et al. 2002a; Ortega et al. 2005; Cavalett et al. 2006; Cavalett et al. 2010; Cuadra y Rydberg 2006). Esta aproximación es la consecuencia de la búsqueda de una descripción más fiel de la sustentabilidad de los sistemas complejos (Ortega et al., 2005). La incorporación del factor de renovabilidad es particularmente válida cuando el sistema usa materiales y servicios comprados en la economía local o regional, como por ejemplo: labores, electricidad, fertilizantes, servicios (Agostinho et al., 2008). A pesar de que la contribución de la fracción renovable incorporada en los flujos de entrada usualmente se vuelve difícil de reconocer, su inclusión en el cálculo final conduce a resultados más realistas (Ulgiati et al., 2006).

La Figura 2.2 resume en un diagrama con lenguaje energético, los principales flujos de entrada y salida evaluados en un ecosistema agrícola. Es de importancia remarcar la diferencia entre el flujo Y, que contabiliza la emergía contenida en los productos (que equivale a la suma de todos los flujos de entrada de emergía), y el flujo E que indica la energía disponible de éste (es decir el contenido calórico del producto exportado).



**Figura 2.2. Diagrama de la interfase ecológica-económica de un ecosistema agrícola en lenguaje energético y los principales flujos de energía (Modificado de Odum, 1996). I (recursos provenientes de la naturaleza); R (recursos renovables); N (recursos no renovables); F (insumos provenientes de la economía); M (materiales); S (servicios); Y (total de energía consumida por el sistema productivo); E (energía total del producto).**

d) Cálculo de los indicadores de emergía. El último paso, una vez realizados los cálculos y obtenidas las tablas, consiste en calcular una serie de indicadores de estado que proporcionan información sobre diversas características del sistema estudiado. Estos indicadores resumen la intensidad de uso de los recursos e insumos de los sistemas evaluados, la eficiencia de los procesos, las interacciones con el ambiente externo, y permiten finalmente cuantificar la sustentabilidad (Tabla 2.3). En este estudio, los indicadores emergéticos propuestos por Odum (1996) fueron ligeramente modificados para evaluar apropiadamente la sustentabilidad de los cultivos y sistemas, al considerar la renovabilidad de cada insumo utilizado, siguiendo lo propuesto por Cavalett et al. (2006).

e) Análisis y comparación espacio-temporal de los indicadores emergéticos. A partir de los indicadores obtenidos, se elaboran conclusiones sobre el consumo de bienes y servicios económicos y ecológicos del sistema. La metodología permite comparar distintos escenarios de manejo de uno o diversos sistemas, así como de los distintos cultivos dentro de un sistema. Finalmente, el método propone criterios claros para exponer conclusiones.

**Tabla 2.3. Indicadores emergéticos estimados en este estudio. Las siglas de la tabla hacen referencia a los flujos ilustrados en la Figura 2.2.**

Indicador	Cálculo	Concepto
Relación de rendimiento emergético (EYR)	$Y/(Mn+Sn)$ Cociente entre la emergía contenida en los productos y la emergía de los insumos que proviene del subsistema económico.	Es una medida de la contribución del capital natural local a la economía de la región. Cuanto más alto es el valor, mayor es el retorno obtenido por unidad de emergía comprada y menos dependiente el proceso de los insumos comprados.
Relación de emergía invertida (EIR)	$(Mn+Sn)/(R+Mr+Sr+N)$ Cociente entre la emergía de los insumos que provienen del sistema económico externo y la emergía de los recursos naturales.	Es una medida de la proporción entre el uso de emergía de la economía y emergía interna del sistema. Evalúa la manera en la que el sistema es un buen utilizador de la emergía que es invertida, en comparación con otra alternativa evaluada. El cálculo de esta relación permite elegir el modelo productivo compatible con las limitaciones económicas y ambientales. Valores bajos indican un buen aprovechamiento de la emergía invertida.
Indicador de presión ambiental (ELR)	$(Mn+Sn+N)/(R+Mr+Sr)$ Cociente entre la emergía no renovable y la emergía renovable.	Indica la presión del sistema sobre el ambiente, y da una idea del estrés que sufre el ambiente a causa del proceso productivo llevado a cabo. Cuanto más bajo es el valor, menor es el estrés sobre el ambiente.
Relación de intercambio emergético (EER)	$Y/[(\$)\times(seJ/\$)]$ Cociente entre la emergía que el sistema entrega a la economía externa y la emergía recibida por la venta de los productos.	Es una medida de la ventaja relativa del intercambio con el sistema económico, indica quién "pierde" y quién "gana". Un intercambio justo y equitativo estará caracterizado por un EER igual a 1, indicando que cada parte recibe la misma cantidad de emergía.
Indicador emergético de sustentabilidad (ESI)	$EYR/ELR$ Cociente entre la contribución de un proceso a la economía por unidad de impacto sobre el ambiente.	Es una medida agregada de la contribución potencial al sistema económico (EYR) por unidad de presión ejercida en el sistema local (ELR).
Transformidad (Tr)	$Y/E$ Cociente entre la emergía contenida en los productos y la emergía total del producto.	Mide cuánta emergía es necesaria para generar una unidad de producto. Es utilizada para convertir la emergía de distintas formas a una forma común a todas, y de ese modo poder realizar comparaciones. Provee una medida de la eficiencia emergética del sistema de producción: cuanto mayor es la transformidad de un recurso o emergía, mayor la actividad ambiental necesaria para producirlo.
Renovabilidad (% R)	$100 \times (R+Mr+Sr)/Y$	Es el porcentaje de emergía renovable usada en el sistema. Sistemas de producción con porcentajes altos de emergía renovable, se espera que sean más sustentables en el largo plazo que aquellos que usan altas cantidades de emergía no renovable.

Y (emergía contenida en los productos); Mr (materiales renovables); Mn (materiales no renovables); Sr (servicios renovables); Sn (servicios no renovables); R (recursos naturales renovables); N (recursos naturales no renovables); E (energía total del producto); seJ/\$ (relación emergía/dinero)

## **CAPÍTULO 3**

### **EVALUACIÓN EMERGÉTICA DE TRES ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS DE LA REGIÓN PAMPEANA ARGENTINA**

#### **Introducción**

La agricultura es una actividad productiva que opera en la interface entre la naturaleza y la economía humana, y combina recursos naturales e insumos económicos para producir alimentos, fibras o energía (Martin et al., 2006). Para lograr este objetivo es necesario llevar a cabo acciones que deriven en el aumento de la fracción de biomasa producida y cosechada. Esto provoca una disminución de la energía remanente disponible para estabilizar y mantener las estructuras y funciones de los ecosistemas (Viglizzo, 1983; Giampietro y Pimentel, 1994). El efecto que determinadas prácticas humanas ejercen sobre el medio ambiente es uno de los factores definidores de la sustentabilidad del mismo, y la capacidad de diagnosticar esta sustentabilidad involucra la necesidad de proceder a estimaciones cualitativas y cuantitativas de la acción humana.

La Región Pampeana Argentina (RPA), es una zona típicamente dedicada a la producción agrícola de cultivos templados (Hall et al., 1992). En las últimas dos décadas esta región ha experimentado un proceso de intensificación y expansión geográfica de la agricultura, resultado de la adopción de nuevas tecnologías y de la incorporación de áreas productivas dedicadas anteriormente a otras actividades agropecuarias (Viglizzo et al., 2003; Qaim et al., 2005; Satorre, 2005). Los ecosistemas agrícolas pampeanos no son homogéneos, ya que difieren en términos de su oferta

ambiental, determinada por la dotación de recursos que modulan tanto las características climáticas como edáficas de la zona en que se encuentran (Soriano et al., 1991). En este sentido, es posible llevar a cabo inferencias sobre el funcionamiento de los ecosistemas agrícolas en base al consumo de bienes y servicios que estos efectúen, como así también en el resultado obtenido por cada sistema de producción.

La metodología de análisis emergético, también llamada síntesis emergética, cuantifica el consumo de bienes y servicios ecológicos y económicos que se utilizaron durante un proceso de producción (Brown y Ulgiati, 2004b). Si bien existen metodologías que intentan abarcar en una misma ecuación el consumo de bienes provenientes de la naturaleza y aquellos que provienen de la economía (i.e. la valorización monetaria de los servicios ecosistémicos), la evaluación en términos de flujos de emergía convierte a todos los flujos intervinientes en una unidad común (seJ). Esta unidad común no representa la utilidad en términos de valoración económica, sino que provee información sobre la valoración ambiental, basada en la cantidad de exergía asociada a los bienes y servicios que fueron requeridos para generar un producto dado (Odum, 1996). De este modo, la metodología relaciona al sistema humano con el sistema ecológico y, a través de una serie de indicadores, permite evaluar el desempeño de sistema productivo en cuanto a su eficiencia e intensidad en el uso de los recursos provenientes de la naturaleza y de los insumos provenientes del sistema económico, desde la perspectiva objetiva de la termodinámica. En esta perspectiva, la base de análisis es la cuantificación de los distintos insumos (naturales y económicos) en el contexto de la cadena de transformación de energía que va desde insumos con poca capacidad de hacer trabajo y contenido exergético muy diluido (i.e. baja exergía: energía solar) hasta insumos en una posición jerárquica superior en la cadena de transformación energética, con gran capacidad de hacer trabajo y una alta carga de

exergía por unidad de masa o volumen (i.e. alta exergía: fertilizantes). La sumatoria de los distintos insumos en términos de su ubicación relativa en esta cadena de transformación energética (que no es más que la acumulación de recursos naturales que fueron necesarios para obtenerlos) da como resultado el flujo total de emergía de un ecosistema (Brown y Ulgiati, 2004a). Actualmente, varios trabajos han analizado el funcionamiento emergético de ecosistemas agrícolas en otros países, basados en la producción de maíz (Martin et al., 2006), soja (Cavalett y Ortega, 2009), café (Cuadra y Rydberg, 2006), banana (Barros et al., 2009) y arroz (Lu et al., 2010).

En Argentina, hasta la actualidad, sólo se ha llevado a cabo un análisis emergético de la producción agrícola de la Pampa Ondulada (Ferreira, 2001). Este capítulo tiene entonces como objetivo analizar el patrón de desempeño de una rotación agrícola típica, en tres ecosistemas agrícolas pampeanos, a través de la síntesis emergética, y elaborar un diagnóstico descriptivo de su funcionamiento biofísico y económico. De este modo, este trabajo constituye uno de los primeros aportes en el análisis de sistemas de producción agrícola argentina a través del análisis emergético. En este estudio, se analizaron tres ecosistemas agrícolas ubicados en distintas zonas geográficas de la RPA. La selección de dichos sistemas estuvo basada en 1) la posibilidad de ampliar el rango de variabilidad ambiental que está contenida en la región pampeana y 2) en la disponibilidad de datos detallados, necesarios para la aplicación de la metodología, en cada uno de los sitios. A pesar de no contar con repeticiones verdaderas de cada uno de los sitios, se procuró que los sistemas de producción agrícolas analizados representen el manejo regional más frecuente (i.e. modal) con el objetivo que los patrones descriptivos encontrados sirvan de base para extrapolar, con las consideraciones precautorias necesarias, los resultados a la región estudiada.

A partir del análisis emergético de los tres ecosistemas agrícolas se busca inferir su desempeño biofísico y económico, desde un abordaje sistémico. Esto se realizó mediante la evaluación i) del nivel de consumo de los recursos naturales y de insumos económicos, derivado del estudio de la rotación típica descrita (ver más adelante) en los tres ecosistemas agrícolas pampeanos estudiados, ii) de la eficiencia de conversión de cada ecosistema. Al evaluar los resultados obtenidos para cada ecosistema se pretende contestar la predicción de que el funcionamiento actual de los ecosistemas agrícolas pampeanos está comprometiendo su sustentabilidad, a partir de valores bajos de retorno de energía al sistema, y de una elevada proporción de uso de recursos no renovables.

## **Materiales y Métodos**

### **Objetos de Estudio**

Los ecosistemas agrícolas usados como objeto de estudio en este capítulo están ubicados en tres zonas distintas de la RPA: Pergamino (PG), ubicado en la Pampa Ondulada; Marcos Juárez (MJ), ubicada en la Pampa Central Subhúmeda; y Montecristo (MC), ubicado en una zona de transición entre la Región de Espinal y la Región Pampeana, al norte de la subregión Pampeana Semiárida (Figura 1.2). Para los tres ecosistemas evaluados, se buscó que el manejo agronómico llevado a cabo en estos sea representativo del realizado en la región. Se evaluó el promedio de 5 (cinco) años de funcionamiento de la rotación de cultivos basada en trigo, soja y maíz en los tres ecosistemas evaluados (MJ, PG y MC). La rotación típica de dos años de duración, incluyó el cultivo de maíz (primer año) y la secuencia trigo/soja, (segundo año) en la cual luego de cosechado el cultivo de trigo se siembra el cultivo de soja (soja de segunda).

El ecosistema agrícola a evaluar en la localidad de PG, ubicada al norte de la provincia de Buenos Aires, pertenece a la Pampa Ondulada. Esta zona productiva posee condiciones edáficas y climáticas muy favorables para la producción agrícola, y es una zona de larga tradición en esta actividad. Cabe mencionar que esta zona se identificaba años atrás con la denominación de Zona Núcleo Maicera (Hall et al., 1992), pero el desplazamiento del maíz por la soja ha determinado que esta denominación fuera reduciendo su trascendencia. Los cultivos con mayor participación en el uso de la tierra son soja, maíz y trigo. A estos cultivos les corresponde un 83% del uso de la tierra, y el sistema de laboreo predominante es la siembra directa (Cabrini et al., 2010). Para el análisis de este ecosistema se utilizaron datos provenientes de ensayos de larga duración

llevados a cabo en la Estación Experimental INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) Pergamino (33° 56' S y 60° 33' W). La precipitación media de la zona es de 1000 mm, y la temperatura media anual es de 16°C, con una máxima de 24°C y una mínima de 10°C (Álvarez y Grigera, 2005). Los suelos del ecosistema analizado son Argiudoles típicos (Paruelo y Sala, 1993), pertenecientes a la serie de suelos Pergamino, con un índice de capacidad de uso de la tierra de I-1, y una cierta limitación textural (INTA, 1972). En este ecosistema se realiza agricultura continua desde hace 32 años y el valor promedio del contenido de materia orgánica de los años analizados para el sitio es de 3.34 %. El manejo agronómico del ecosistema agrícola analizado siguió los criterios planteados por los técnicos especialistas responsables de los ensayos, cuyo objetivo era representar el manejo llevado a cabo por la mayoría de los productores de la zona de influencia de la Estación Experimental INTA Pergamino (Irizar, Comunicación Personal). Para la caracterización ambiental se utilizaron datos climáticos registrados en la Estación Meteorológica ubicada en la EEA INTA Pergamino, referidos a viento y lluvias registradas durante el ciclo del cultivo (Estación Meteorológica, INTA Pergamino, 2010). En los tres casos analizados, la energía solar fue calculada tomando como base los registros del trabajo "Análisis de tendencias de heliofanía efectiva en Argentina" (Grossi Gallegos y Spreafichi, 2008), en el cual se determina la heliofanía efectiva para distintas zonas de la Región Pampeana.

El ecosistema agrícola a evaluar en la localidad de MJ, ubicada al sudeste de la Provincia de Córdoba, pertenece a la Pampa Central Subhúmeda. En esta zona el 93% de las tierras son de aptitud agrícola, presentando altos valores de fertilidad y productividad (Ghida Daza y Sánchez, 2009). Al igual que la localidad de PG, es una zona donde la producción agrícola se realiza hace varias décadas (Peretti, 2002; Ghida Daza y Sánchez, 2009). El ecosistema estudiado en este capítulo fue el Módulo Agrícola

de la EEA INTA Marcos Juárez ( $32^{\circ}41'S$ ,  $62^{\circ}09'W$ ), predio que estuvo dedicado exclusivamente a la producción agrícola desde hace 36 años y continúa con esta modalidad hasta la actualidad. Los datos de manejo provinieron de los registros llevados a cabo por el responsable del Módulo Agrícola durante el período analizado (Salaris, Comunicación Personal). La función de este Módulo es aplicar en el ecosistema agrícola un manejo agronómico (i.e. selección de genotipos, manejo de la fertilización, control de plagas, etc.) similar al llevado a cabo por los productores de la zona, con el objetivo de disponer de resultados productivos y económicos que representen lo que se efectúa en la región (Salaris, Comunicación Personal). El promedio anual histórico de precipitaciones es de 860 mm y la temperatura media es de  $17.5^{\circ}C$ , con una máxima de  $30.5^{\circ}C$  en enero, y una mínima de  $4.8^{\circ}C$  en Julio (Estación Meteorológica, INTA Marcos Juárez, 2010). Los suelos predominantes son Argiudoles típicos, pertenecientes a la serie Marcos Juárez, con un índice de capacidad de uso de la tierra igual a I-1 y con una cierta limitación climática (INTA, 1978). El valor promedio de los últimos años del contenido de materia orgánica para el ecosistema analizado es de 3.01%. Para la caracterización ambiental se utilizaron datos climáticos registrados en la Estación Meteorológica ubicada en la misma EEA INTA Marcos Juárez, referidos a viento y lluvias durante el ciclo del cultivo (Estación Meteorológica, INTA Marcos Juárez, 2010).

El ecosistema agrícola a evaluar en la localidad de MC, ubicada al norte de la provincia de Córdoba, pertenece a una zona de transición entre la Región de Espinal y la Región Pampeana, al norte del área Pampeana Semiárida. Es una zona donde la actividad ganadera muestra una leve predominancia, aunque la agricultura mostró una tendencia creciente en los últimos años (Ghida Daza y Sánchez, 2009). Los datos utilizados para evaluar el ecosistema de MC corresponden a un establecimiento

productivo perteneciente a un productor miembro de AACREA (Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola) de esta zona (31°41' S, 63°53' W). Esta asociación reúne a productores agropecuarios que trabajan en conjunto, y comparten experiencias y conocimientos con el fin de aumentar la rentabilidad y lograr un manejo sustentable de los ecosistemas agrícolas (AACREA, 2011). El ecosistema agrícola seleccionado representa el manejo agronómico más frecuente de la zona estudiada, además de disponer de los registros necesarios para llevar a cabo el análisis. En el caso analizado en MC, la actividad agrícola es efectuada desde hace 25 años: hasta los años '90 la rotación incluyó agricultura y ganadería pastoril, pero a partir de esa época la rotación pasó a ser totalmente agrícola, basada en los cultivos de trigo/soja y maíz. El promedio anual histórico de precipitaciones es de 661 mm, la temperatura media anual es de 16.9°C, con una máxima de 24°C y una mínima de 10°C en julio (INTA, 1987). Los suelos predominantes son Haplustoles típicos arenoso-limosos, pertenecientes a la serie Montecristo, con un índice de capacidad de uso de la tierra de IIIc. El valor promedio del contenido de materia orgánica de los últimos años para el ecosistema analizado es de 2.09%. Estos suelos no presentan en general impedimentos de orden físico-químicos que condicionen el crecimiento de las plantas, pero sí muestran una moderada limitación climática, al combinarse con un régimen de precipitaciones más seco. Esto limita la producción agrícola, aumentando la dependencia de los cultivos de verano de las precipitaciones primaverales (Bert, 2007). El manejo agronómico de los cultivos se realizó en función de las decisiones de manejo tomadas por el productor responsable del ecosistema agrícola, siguiendo el asesoramiento recibido por AACREA (Arnaldo, Comunicación Personal). Para la caracterización ambiental se utilizaron registros de precipitaciones caídas tomados en una Estación Meteorológica propiedad de uno de los productores ubicada en los alrededores de la zona (31°18' S, 63°52' W), y

obtenidos durante todo el período evaluado. Los datos referidos a la velocidad del viento provienen de una Estación Meteorológica dependiente del Servicio Meteorológico Nacional, cercana al sitio de estudio (31°19'S, 64° 13'W; SMN, 2010). En la Tabla 3.1 se resumen las principales propiedades biofísicas de los ecosistemas agrícolas evaluados.

**Tabla 3.1. Propiedades biofísicas de los ecosistemas agrícolas de MJ, PG y MC.**

Ecosistema agrícola	Región	Suelo	Capacidad de Uso	%MO	Precipitación anual promedio	Temperatura Media
MJ	Pampa Central Subhúmeda	Argiudol típico	I-1	3.01	860 mm	17,5°C
PG	Pampa Ondulada	Argiudol Típico	I-1	3.34	1000 mm	16 °C
MC	Zona de transición entre Espinal y Pampeana	Haplustoles típicos arenoso-limosos	III-c	2.09	661 mm	16,9°C

### **Descripción del período analizado**

Con el objetivo de abarcar un período de años que incluyera variabilidad en cuanto al manejo agronómico llevado a cabo y a las condiciones climáticas acontecidas, se analizó la rotación maíz- trigo/soja, durante un período de cinco años, desde el año 2006 hasta el año 2010 inclusive. El período analizado estuvo caracterizado a nivel regional por la adopción casi total de la semilla de soja transgénica, y de menor grado en el caso del maíz transgénico (Burachik, 2010); la adopción de la tecnología de fertilización de los cultivos, y la incorporación de tecnologías de información a las más conocidas de insumos y procesos (e.g. softwares para georreferenciación de las labores incorporados a las maquinarias; Bragachini, 2007, 2010).

### **Síntesis Emergética**

La síntesis emergética es una metodología que permite asignar un valor numérico a los procesos, flujos y productos que interactúan en un sistema, a través del uso de la emergía (Brown y Ulgiati, 2004a). La emergía es la medida que utiliza dicha

metodología para registrar toda la energía que ha ido ingresando a un producto durante el proceso de transformación, y que se expresa en una unidad común basada en la energía solar (expresada en Joules de energía solar equivalente, seJ) (Odum, 1996). Aplicada en ecosistemas agrícolas, esta aproximación ayuda a entender la dinámica de la interacción entre los procesos dominados por el ser humano y los recursos provistos libremente por la naturaleza (Martin et al., 2006). Los indicadores que se obtienen como resultado de la aplicación de la metodología, relacionan los flujos energéticos para analizar el desempeño biofísico y económico de un ecosistema.

La metodología involucra una serie de pasos: (1) identificar los límites del sistema de producción; (2) elaborar un diagrama del sistema en lenguaje energético; (3) estimar los flujos energéticos de recursos, insumos y productos involucrados, que participan, del sistema; (4) calcular los indicadores energéticos; (5) interpretar los indicadores obtenidos (Capítulo 2). Siguiendo los estándares de la metodología, se definieron los límites espaciales y temporales de los ecosistemas agrícolas de PG, MC y MJ y se identificaron los principales componentes y flujos de energía, materia y capital, que representaron la conformación de los ecosistemas durante el período analizado. Los datos evaluados estuvieron referidos a: labores (tipo y número); fertilización (fuente, dosis, forma y momento de aplicación); fecha de siembra; cultivo (híbrido o variedad) y densidad de siembra; herbicidas, insecticidas y fungicidas aplicados (principio activo, dosis, momento y forma de aplicación), rendimiento y el servicio de asesoramiento recibido, referidos al cultivo de maíz y a la secuencia trigo/soja. El cálculo de los flujos de cada producto no incluyó los insumos requeridos para el transporte de la producción desde el ecosistema hasta el punto de venta al mercado, éstos representaron la cantidad de insumos requeridos para disponer del producto en el ecosistema agrícola que lo produjo.

En el análisis realizado se estudió lo sucedido, para la rotación maíz- trigo/soja, en el promedio de cinco años, desde el año 2006 hasta el 2010 inclusive. La cuantificación de los flujos de todos los recursos naturales e insumos económicos utilizados para la producción se evaluó primeramente a nivel de cada cultivo (secuencia trigo/soja y maíz) para cada año y por hectárea (ver notas al pie, Anexo A), para que las cuantificaciones energéticas fueran más precisas. Luego se estimaron los valores promedio de los 5 años evaluados, de cada uno los flujos energéticos (R, N, F e Y) para la rotación trigo-soja / maíz aplicando el porcentaje (%) de participación correspondiente a la presencia de cada uno en el término de un año: 50 % a la secuencia trigo/soja y 50% al cultivo de maíz (50%), dado que la rotación tiene una duración de 2 años (Anexo B). Es importante aclarar que la secuencia de cultivos de trigo/soja realizados en un mismo año, se analizaron conjuntamente. Resultó posible evaluar el cultivo de maíz, y la secuencia trigo/soja durante todos los años, ya que los dos cultivos de la rotación (año 1 y 2) se encontraban presentes en distintos lotes de cada sitio. La erosión del suelo se estimó a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE) (Wischemeyer y Smith, 1978) teniendo en cuenta factores tales como: erosividad de la lluvia, % de MO, rotación, pendiente y prácticas de manejo del suelo (ver notas al pie, Anexo A).

Posteriormente, se elaboraron tablas con las cuantificaciones de cada flujo en unidades físicas (i.e., Joules, Kilogramos, \$; ver Anexo A). La emergía solar de los bienes y servicios se calculó multiplicando las unidades de energía (e.g. Joules de pesticidas) por la emergía por unidad de energía (i.e. transformidad), unidades de masa (e.g. kg de fertilizantes) por la emergía por unidad de masa (emergía específica), y el dinero por la emergía por unidad de dinero. Para los distintos componentes, se utilizaron los valores de emergía por unidad disponibles en la bibliografía (ver detalles de cálculos en notas al pie, Anexo A). Cada uno de los valores de transformidad utilizado fue

seleccionado cuidadosamente de trabajos llevados a cabo por otros autores, tomando en cuenta que las características de los sistemas que estos analizaron, cuyos valores resultantes se tomaron como referencia en este trabajo, se asemejen en el mayor grado posible a las características particulares de los sistemas que fueron analizados en este trabajo. En las notas al pie de las tablas de cuantificación emergética (Anexo A), se detalla la cita del trabajo en el cuál fue estimado cada valor de transformidad utilizado para los cálculos efectuados en este trabajo. Cabe aclarar que, en el caso de la transformidad de las semillas (según sean de producción propia, híbridas o con eventos genéticos incorporados), los valores disponibles en la bibliografía, son los estimados por Ortega et al. (2002b). Dichos valores no contemplan cambios en las transformidades a medida que se van generando nuevas variedades, en base al conocimiento ya generado. Hasta la realización de este trabajo, no se generaron nuevos ajustes que mejoren la precisión de los valores de transformidad estimados, por lo que estos fueron los utilizados en los cálculos realizados. Los valores de transformidad de todos los recursos, insumos y productos involucrados en los cálculos, estuvieron basados en unidades emergéticas establecidas en la base emergética de  $15.83E+24$  seJ/año, (Odum et al., 2000). Los insumos económicos fueron divididos en dos categorías: renovables y no renovables. Se llevó a cabo una incorporación del factor de renovabilidad (ver Capítulo 2) debido a que el sistema usó algunos materiales y servicios obtenidos en la economía local o regional (e.g. labores y servicios), razón por la cual fueron considerados como parcialmente renovables. Las transformidades de los productos finales fueron obtenidas dividiendo el total de energía de los recursos naturales provenientes de la naturaleza ( $I=R+N$ ) e insumos comprados en el sistema económico ( $F=M+S$ ) por la energía disponible de los productos ( $E$ ). En el caso de la secuencia trigo/soja, la transformidad fue calculada siguiendo lo sugerido por Bastianoni y Marchettini (2000). El cálculo se

realizó dividiendo toda la emergía requerida por el sistema ( $Y=I+F$ ) por la suma de las energías (E) de todos los productos (i.e. soja y trigo).

A continuación se calcularon una serie de indicadores energéticos necesarios para la evaluación del desempeño de cada ecosistema, los cuales luego fueron promediados sobre los cinco años evaluados para obtener un único valor (medio) de cada indicador, para la rotación y para cada ecosistema evaluado. Los indicadores obtenidos (ver Tabla 2.3 para la completa descripción de cada indicador) permitieron concluir sobre:

- 1) eficiencia en el uso de la emergía para la obtención de grano (Tr);
- 2) contribución potencial del sistema a la economía principal, a partir de la explotación de los recursos locales (EYR);
- 3) la medida con la que el sistema es buen utilizador de la emergía invertida (EIR);
- 4) la contribución del ecosistema agrícola a la economía (EER);
- 5) la presión ejercida sobre el ambiente para la obtención de la producción (ELR); y la fracción renovable de los insumos (% R);
- 6) la contribución potencial al sistema económico por unidad de presión ejercida en el sistema local (ESI).

## Resultados y Discusión

Un diagrama de flujos con lenguaje energético resume los principales flujos de los ecosistemas agrícolas de MJ, PG y MC (Figura 3.1), y es utilizado como base para la elaboración de las tablas emergéticas.

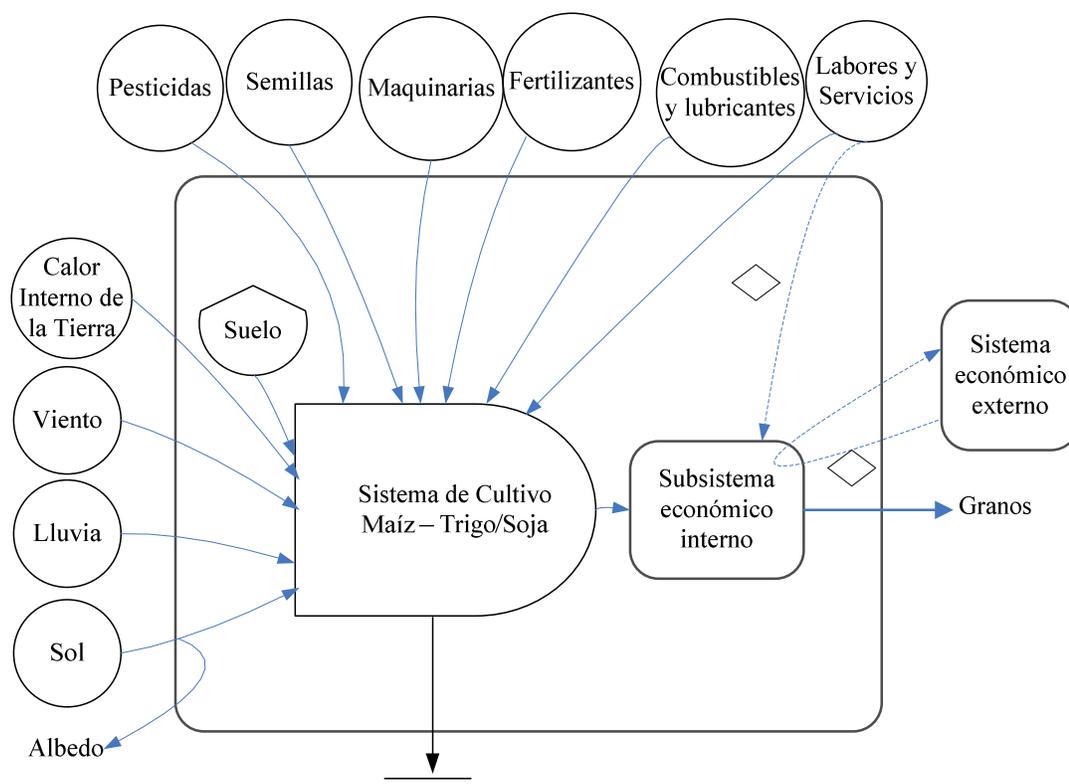


Figura 3.1. Diagrama de los ecosistemas agrícolas de MJ, PG y MC en lenguaje energético.

### Flujos Emergéticos

En este trabajo, fueron evaluados flujos de recursos renovables provenientes de la naturaleza (R), que incluyeron calor interno de la tierra, viento, lluvia y radiación proveniente del sol. De estos flujos de entrada, sólo fue tenido en cuenta para el cálculo de los indicadores, el flujo de mayor contribución (Odum, 1996) (Tabla 3.2). Esto se efectúa para evitar la posibilidad de doble conteo de los recursos renovables que derivan de la energía solar (directa o indirectamente), por ello sólo la mayor contribución es

tenida en cuenta, a pesar de que todos los flujos energéticos que derivan de la energía solar son estimados (Odum, 1996). El recurso no renovable proveniente de la naturaleza (N) fue el flujo de energía relacionado a la pérdida neta de suelo, determinado por el tipo de suelo y los cultivos presentes en cada ecosistema agrícola examinado (Tabla 3.2). Los insumos provenientes de la economía (F) (Tabla 3.2) estuvieron conformados por materiales (M) tales como pesticidas, semillas, maquinarias, fertilizantes, combustibles y lubricantes, y servicios y labores contratados (S). La energía total consumida (Y) es el resultado de la sumatoria de los flujos de energía que ingresan al ecosistema (R, N y F) (Tabla 3.2). Los productos exportados (E) fueron granos de maíz, y trigo y soja (Tabla 3.2).

**Tabla 3.2. Flujo de energía (Y) y sus desagregados (R, N, F) y salida de energía (E) en los ecosistemas agrícolas estudiados (valores expresados en E+14, salvo donde se indica).**

Indicador	PG	MJ	MC
R	14.0	12.7	10.8
N	1.15	0.77	0.43
F	16.0	16.4	14.7
Y	31.1	29.9	25.7
E	1.48E+11	1.65E+11	1.10E+11

R (recursos renovables, seJ/ha/año); N (recursos no renovables, seJ/ha/año); F (insumos económicos, seJ/ha/año); Y = R+N+F (energía total consumida seJ/ha/año); E (productos exportados, J/ha/año).

### **Recursos Renovables (R)**

En los tres ecosistemas analizados (MC, MJ y PG) la mayor provisión de R estuvo representada por la precipitación anual promedio recibida por cada ecosistema (Ver Anexo A), cuyos valores estuvieron ubicados en el rango entre 10.8E+14 seJ/ha/año y 1.40E+15 seJ/ha/año (Tabla 3.2). Es decir que la precipitación fue más importante en magnitud, en términos energéticos, respecto a la radiación solar recibida, los vientos y provisión de energía originada del calor interno de la tierra.

### **Recursos No Renovables (N)**

El consumo de emergía proveniente de la naturaleza ( $I = R + N$ ) incluye recursos renovables (R) y recursos no renovables (N). Estos últimos, son críticos en términos de sustentabilidad del sistema porque son aquellos que se consumen a una tasa mayor a la que se producen (Lems et al., 2002). El recurso no renovable proveniente de la naturaleza (N) fue el flujo de emergía relacionado a la pérdida neta de suelo, determinado por el tipo de suelo y los cultivos presentes en cada ecosistema agrícola examinado (ver c culo en Anexo A). Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 3.2. En los ecosistemas analizados el consumo de recursos no renovables provenientes de la naturaleza resultó marcadamente inferior, respecto de R y F en el proceso productivo. Cabe aclarar que para cada sitio evaluado se obtuvo un valor de pérdida de suelos promedio para el período estudiado, sin variabilidad entre años (Anexo A). Esto se explica porque la rotación, la pendiente y las prácticas de manejo de suelo correspondientes a cada sitio, no variaron en el período evaluado. Respecto a los factores que podrían haber registrado variabilidad entre años (i.e. % de MO y lluvias), se utilizaron valores promedio de % de MO para el período estudiado, y la erosividad de la lluvia fue analizada a través del Factor R (Codromaz y Saluso, 1993; Saluso, 2011), que caracteriza una zona de acuerdo al régimen de precipitaciones histórico.

Los valores de emergía asociados a la pérdida de suelo no solamente consideran la cantidad de material perdido (i.e. tasas de erosión) sino la calidad o información contenida en esta cantidad (i.e. concentración de materia orgánica, MO). Es decir que la vinculación entre la perdida de suelo (en valores de masa) y su emergía, esta dada por la transformidad de la materia orgánica, Como todo valor de transformidad, representa el trabajo (exergía) que aporo el ambiente para, a través de la cadena de transformaciones energética que implica el tiempo sucesional o evolutivo, se llegue a obtener esa unidad de masa (kg) en unidades de emergía (seJ). Por este motivo, la metodología toma en

cuenta la materia orgánica presente en el suelo (% de MO) para estimar el consumo de N (ver cálculo de Pérdida neta de suelo, Anexo A). La consideración del efecto del % de MO, evidenciada en el consumo de N representa un aspecto clave de la sustentabilidad de los ecosistemas agrícolas, ya que indica la fertilidad potencial del suelo (Arshad y Martin, 2002; Manlay et al., 2007) y su pérdida representa el costo ambiental asociado a su formación en el transcurso del tiempo de evolución de ese suelo (Campbell 2001). Este elemento de análisis, ilustra la capacidad de la metodología de detectar un conflicto potencial a largo plazo en términos de sustentabilidad de los ecosistemas agrícolas estudiados, que es determinado por la pérdida de información (% de MO) del sistema.

#### **Insumos Económicos (F)**

La emergía consumida por los ecosistemas analizados en forma de bienes y servicios provenientes de la economía (F) estuvo ubicada en un rango entre  $1.64E+15$  seJ/ha/año y  $1.47E+15$  seJ/ha/año (Tabla 3.2). La variación de la dependencia de la emergía proveniente de la economía puede tener varias explicaciones. A partir de una serie de trabajos que indagan sobre la influencia que tiene la información que reciben los productores de la RPA en el proceso de toma de decisiones para la adopción de nuevas tecnologías o el incremento del uso de insumos (Podestá et al., 2002; Bartolomé et al., 2004) es posible concluir que, por ejemplo, los cambios en la decisión de aumentar la entrada de insumos provenientes del subsistema económico (a través de cambios en la intensidad de las tecnologías adoptadas) puede estar vinculado a la aversión al riesgo dado por variabilidad climática, o más aún por factores políticos y económicos (Podestá et al., 2002).

Para profundizar en el análisis del consumo de insumos provenientes de la economía (F), se realizó una matriz detallando el % de participación del total de F de los insumos consumidos por cada ecosistema y el coeficiente de variación entre los años

evaluados (2006-2010) (Tabla 3.3). El análisis de la matriz de F consumido en cada ecosistema agrícola (Tabla 3.3) permite concluir que el costo emergético de la semilla representó el principal insumo proveniente del subsistema económico en los tres sitios. Esto se explica por la consideración global del costo de obtención de una semilla moderna, definido desde la perspectiva emergética por los recursos naturales e insumos económicos que implica la tecnología insumida para realizar las mejoras genéticas que poseen las variedades transgénicas (en el caso de soja) y los híbridos transgénicos (en el caso de maíz) (Ortega et al, 2002b). En el ecosistema PG las semillas representaron un 35% del total de F, seguidas en orden de magnitud por los fertilizantes (25%). En el caso de MJ, las semillas representaron un 34%, con los fertilizantes en segundo lugar de importancia (30%). En el ecosistema MC, las semillas representaron un 35% del total de F, seguidas por los combustibles y lubricantes (21%). Los resultados de la partición emergética a cada insumo pone en evidencia la particularidad que posee la síntesis emérgica de capturar y estimar la inversión de recursos naturales, que requiere el proceso productivo de los insumos económicos, más allá del contenido energético en sí mismo (Franzese et al., 2009; Herendeen 2004). Es decir que si se analizara el insumo de mayor costo en términos energéticos únicamente, estos podrían ser los fertilizantes consumidos, y la semilla representaría un insumo de baja importancia. Sin embargo, al analizarlo en términos emergéticos, las semillas representaron el insumo de mayor costo relativo, debido a que se contabiliza el flujo de información completo, así como servicios y labores humanos necesarios para generar dicha tecnología (Ulgiati y Brown, 2009).

Los valores de participación de cada insumo comprado respecto al total, no resultaron exactamente iguales a través de los años, debido a que, con las intención de ir respetando los cambios en los manejos modales de cada zona, los manejos de cada

cultivo no fueron idénticos año a año (e.g. dosis de pesticidas, y su correlato en el uso de combustibles y servicios). De acuerdo a lo indicado por el CV (%) del promedio de insumos consumidos durante el período evaluado (2006-2010) (Tabla 3.3), las diferencias estuvieron definidas principalmente por la variación en el consumo de pesticidas entre años, lo que determinó variaciones en el consumo de combustibles y lubricantes, debido a la maquinaria necesaria para realizar las aplicaciones de pesticidas, y a la mano obra de las labores y servicios necesarios para realizarlas. Esta variación en el consumo de pesticidas se explica por la necesidad, variable entre años, de realizar controles de plagas (insectos, malezas y enfermedades), según lo determine la ocurrencia de condiciones climáticas favorables para su aparición, y la práctica agrícola llevada a cabo en cada ecosistema (Pimentel et al., 1993).

**Tabla 3.3. Detalle de F en seJ/ha/año para cada sitio (entre paréntesis se muestra el porcentaje de participación del total de F en cada ecosistema), y su respectivo coeficiente de variación (CV) del promedio entre años (2006-2010).**

Insumo/Ecosistema	PG	CV	MJ	CV	MC	CV
Combustibles y Lubr.	2.92E+14 (18%)	7%	2.89E+14 (18%)	8%	3.13E+14 (21%)	9%
Maquinarias	0.25E+14 (2%)	14%	0.29E+14 (2%)	14%	0.24E+14 (2%)	4%
Semillas	5.67E+14 (35%)	0%	5.60E+14 (34%)	0%	5.22E+14 (35%)	5%
Fertilizantes	4.05E+14 (25%)	4%	4.88E+14 (30%)	8%	2.43E+14 (17%)	8%
Pesticidas	2.04E+14 (13%)	20%	1.80E+14 (11%)	23%	2.52E+14 (17%)	18%
Labores y Servicios	1.07E+14 (7%)	21%	1.06E+14 (5%)	19%	1.17E+14 (8%)	17%

PG (Pergamino), MJ (Marcos Juárez); MC (Monte Cristo)

### **Productos Exportados (E)**

Los productos exportados de los ecosistemas agrícolas evaluados, en forma de granos de maíz, soja y trigo, expresados en términos energéticos (J/ha/año) en cada ecosistema agrícola estuvieron ubicados en un rango de valores entre 1.10E+11 J/ha/año y 1.65E+11 J/ha/año (Tabla 3.2). El rendimiento productivo está expresado en este capítulo como el aporte de la rotación en una base anual. A través del análisis y comparación de las relaciones existentes entre los flujos emergéticos mediante los

indicadores emergéticos (ver más adelante), se profundizó el estudio del funcionamiento biofísico y económico de los ecosistemas MJ, PG y MC.

Tal cual lo advertido previamente, la aplicación en este trabajo de la síntesis emergética está restringida a tres sistemas modales (i.e. que intentan representar el manejo promedio zonal). Es de esperar que en un análisis que incluya un mayor número de establecimientos analizados en cada zona, puede dar una idea mas completa de los rangos de variación en los flujos estudiados, para concluir más acabadamente sobre el funcionamiento de los ecosistemas agrícolas según la oferta ambiental de cada una de estas. Sin embargo, la baja variabilidad interanual e intrazonal (ver Tabla 3.3) estaría indicando que el aumento de potencia estadística lograda a partir de ese aumento de casos estudiados puede no terminar en conclusiones radicalmente distintas a las obtenidas en este trabajo. Sin embargo, esta hipótesis debería ser puesta a prueba en trabajos que aumente la intensidad de muestro zonal. Mas aún, la posibilidad de analizar sistemas con un gradiente de variabilidad mayor (en términos ambientales y de manejo agronómico), podría permitir que la metodología de síntesis aumente su eficiencia de detección de variabilidad. Por ejemplo, se podrían considerar ecosistemas agrícolas cuyo manejo incluya riego, labranza convencional, rotaciones de cultivos distintas e intercultivos, así como también ecosistemas que difieran en la oferta ambiental por poseer suelos más ricos o más pobres (definido según textura, % de MO, contenido de nutrientes), o que posean un régimen de lluvias distinto que condicione la producción de cultivos.

A continuación se muestran los valores obtenidos para los indicadores emergéticos, los cuales permiten analizar con más profundidad el desempeño de los ecosistemas estudiados, a partir de la relación existente entre los flujos R, N, F y el flujo de moneda corriente (Ferreyra, 2001).

## Indicadores Emergéticos

En esta sección se evaluó el funcionamiento de los ecosistemas agrícolas de MJ, PG y MC a través de los indicadores emergéticos de transformidad (Tr), renovabilidad (% R), relación de rendimiento energético (EYR), sustentabilidad (ESI), relación de emergía invertida (EIR), presión ambiental (ELR) e intercambio energético (EER) (ver Tabla 2.3). La información reportada a continuación representa los valores promedio de los cinco años analizados para cada sitio de estudio en la rotación típica descrita anteriormente. Las tablas con los indicadores emergéticos de cada cultivo (maíz y secuencia trigo/soja), por año y ha, de cada ecosistema evaluado (PG, MJ y MC), se presentan en el Anexo B.

**Tabla 3.4. Indicadores emergéticos de los ecosistemas agrícolas estudiados.**

Indicador	Cálculo	PG	MJ	MC
Tr	Y/E	29326	24985	32139
%R	$100 \cdot (R + Mr + Sr) / Y$	48	46	47
ELR	$(Mn + Sn + N) / (R + Mr + Sr)$	1.19	1.28	1.25
EYR	$Y / (Mn + Sn)$	2.19	2.00	2.05
ESI	EYR/ELR	2.45	1.90	2.13
EIR	$(Mn + Sn) / (R + Mr + Sr + N)$	1.01	1.15	1.16
EER	$Y / [(\$) \cdot (seJ/\$)]$	1.89	1.92	1.84

Tr (transformidad, expresada en seJ/J); %R (renovabilidad, expresada en %); ELR (relación de presión ambiental); EYR (relación de rendimiento energético); ESI (indicador emergético de sustentabilidad); EIR (relación de emergía invertida); EER (relación de intercambio energético).

### Transformidad (Tr)

A partir de los valores de Tr obtenidos (medida de la cantidad de emergía necesaria para generar una unidad de producto) (Tabla 3.4), se infiere que los tres ecosistemas agrícolas requirieron entre 24985 y 32139 seJ, de emergía proveniente de la naturaleza y de la economía, para producir un J de energía en forma de grano. Cabe destacar que la Tr, es el único indicador emergético que relaciona los insumos y recursos que fueron consumidos con la producción obtenida del ecosistema (E). En la discusión general de esta tesis (Capítulo 5) se discuten los valores obtenidos en relación

con los de otros ecosistemas analizados en la bibliografía, para profundizar su interpretación.

#### **Relación de Rendimiento Energético (EYR)**

Los valores de EYR promedio (medida de la contribución potencial del ecosistema agrícola a la economía) en los sitios MJ, PG y MC se ubicaron en un rango entre 2.00 y 2.19 (Tabla 3.4). Estos resultados indican que los sistemas evaluados fueron capaces de duplicar la energía capturada de los recursos locales del sistema a partir del agregado de energía externa (i.e. proveniente de la economía). En base a los valores de EYR obtenidos puede afirmarse que los tres sitios aportaron energía a la economía a partir de energía externa (i.e.  $EYR > 1$ ), funcionando como procesos de transformación productores (entendido como el proceso de concentración de energía a partir del consumo de bienes y servicios), direccionando los insumos provenientes de la economía para aprovechar los recursos naturales disponibles.

#### **Relación de Energía Invertida (EIR)**

. A diferencia del EYR (indicador de la eficiencia de aprovechamiento de recursos locales), el EIR valora la eficiencia en el uso de los insumos económicos. Expresa la relación de proporcionalidad entre la energía externa proveniente del sistema económico y la interna provista por los recursos naturales (Tabla 2.3). En otras palabras, EIR indica la cantidad de unidades de energía de la economía necesarias para capturar una unidad de energía ambiental. Los valores obtenidos para los ecosistemas agrícolas estudiados estuvieron ubicados entre 1.01 y 1.16 (EIR; Tabla 3.4). Es decir que los ecosistemas agrícolas para funcionar necesitaron una cantidad de energía proveniente de la economía levemente superior a la energía consumida a partir de los recursos naturales locales. Esto indicaría, que los ecosistemas agrícolas pampeanos analizados

fueron relativamente eficientes en términos de aprovechamiento (o retorno) de la emergía externa que fue invertida en cada uno de ellos.

#### **Indicador de Presión Ambiental (ELR)**

Los ecosistemas agrícolas de MJ, PG y MC tuvieron un impacto ambiental relativamente bajo en términos energéticos (ELR es una medida de la presión ejercida sobre el ecosistema a través del proceso productivo; Tabla 3.4). Para los ecosistemas estudiados se obtuvieron valores de ELR entre 1.19 y 1.28. ELR es la relación entre la emergía de origen no renovable y renovable, cuanto más bajo es el valor menor el estrés sobre el ambiente. Es decir que en todos los casos la proporción de emergía no renovable utilizada como insumo fue levemente superior a la renovable. Más allá de lo sugerido por ELR, se debe tener en cuenta que podrían estar ocurriendo desequilibrios o alteraciones dentro de cada ecosistema que la metodología utilizada no haya detectado (e.g. contaminación), y que podrían vislumbrarse a través de otro tipo de análisis de sustentabilidad.

#### **Renovabilidad (% R)**

A manera de complemento de lo indicado por el ELR, la fracción de emergía renovable consumida (% R) obtenida para cada uno de los ecosistemas analizados (Tabla 3.4) indicaría que son parcialmente renovables en cuanto a los recursos e insumos utilizados. En promedio para los tres sitios analizados, se obtuvieron valores entre 46 y 48% de renovabilidad, lo que indica que de todos los insumos y recursos consumidos (provenientes de la economía y del ambiente, respectivamente) que se invirtieron en el proceso productivo que se llevó a cabo, cerca de la mitad de ellos fueron consumidos a tasas que exceden la velocidad de la tasa a la cual son producidos (Brown y Ulgiati, 2004a; Lefroy y Rydberg, 2003).

### **Indicador Emergético de Sustentabilidad (ESI)**

El indicador ESI relaciona los indicadores EYR y ELR, y es una medida de la contribución potencial al sistema económico por unidad de presión ejercida en el ambiente. Para los ecosistemas agrícolas de PG, MJ y MC, los valores obtenidos de ESI estuvieron ubicados entre 1.90 y 2.45 (Tabla 3.4). Esto refleja una habilidad de los ecosistemas de capturar recursos provenientes de la naturaleza (i.e. EYR), proporcionalmente mayor a la presión ejercida sobre el ambiente (i.e. ELR), mediante el proceso productivo llevado a cabo. A pesar de lo sugerido por el ESI para los tres ecosistemas analizados, se debe tener en cuenta que no se pueden excluir fallas en la detección de desequilibrios o alteraciones dentro de cada ecosistema, relacionadas con la metodología utilizada. Por ejemplo, la idea de trabajar con los promedios de cada ecosistema, está basada en la intención de caracterizar el desempeño de cada uno, a partir de la estabilización de las fluctuaciones temporales. Más allá de los efectos detectados, las afirmaciones o resultados de tendencias deberían analizarse en el contexto dado por la síntesis emergética, que podría ampliarse y/o complementarse con otros análisis de sustentabilidad aplicados a ecosistemas agrícolas.

### **Relación de Intercambio Emergético (EER)**

EER relaciona la emergía proporcionada por el ecosistema agrícola al subsistema económico a través de la venta de los productos y la emergía recibida como pago. En los sitios de PG, MJ y MC, la emergía que se entregó a través de la producción fue mayor a la emergía recibida como forma de pago al vender la producción al mercado económico externo (i.e. EER mayores a 1) (Tabla 3.4). El resultado desigual del intercambio de emergía con el subsistema económico, demuestra que los precios recibidos por los productos subestiman su valor ambiental (Cavalett et al., 2006). Por lo tanto, los precios de los productos agrícolas de los ecosistemas analizados deberían ser superiores que los

determinados por el mercado, para que el intercambio resulte favorable en términos energéticos.

A partir de los indicadores estimados se pudo evaluar el desempeño biofísico y económico de los ecosistemas agrícolas analizados y estimar la eficiencia de estos ecosistemas en convertir la emergía invertida en emergía cosechada. Los tres ecosistemas lograron duplicar la emergía capturada de los recursos naturales disponibles en el ecosistema a partir del agregado de emergía externa proveniente de los insumos económicos. Es importante destacar que esta capacidad de multiplicación de la emergía invertida está asociada, por un lado al la importancia relativa en estos sistemas de la emergía local (i.e. alta fertilidad) y por otro al elevado grado de ajuste que muestran las practicas de manejo con la oferta ambiental para maximizar la potencialidades de la interaccion genotipo por ambiente. Es decir, que el grado de intensificación presente en estos ecosistemas se relacionó positivamente con el grado de captura de los recursos provenientes de la naturaleza. Sin embargo, la proporción de emergía utilizada proveniente de la economía superó levemente a la emergía proveniente del ambiente y el consumo de emergía no renovable resultó ligeramente superior que el de emergía renovable, aunque la presión ejercida sobre el ambiente a través del proceso productivo llevado a cabo fue relativamente baja. Estos resultados estarían indicando que los ecosistemas tuvieron un funcionamiento aceptable dado que capturaron recursos naturales en mayor proporción de la presión que ejercieron sobre el ambiente. Más allá del desempeño favorable que mostraron los ecosistemas analizados, en términos de aprovechamiento de la emergía externa invertida, de la habilidad para capturar recursos del ambiente y del relativo bajo impacto ambiental, los sistemas estudiados aun se mantienen sin ser remunerados económicamente de manera justa en relación a la emergía que contienen sus bienes cosechados. Es decir que el intercambio de emergía

con el sistema económico resultó desfavorable para los tres ecosistemas agrícolas estudiados. Con el objetivo de profundizar el estudio realizado e indagar acerca de la evolución histórica del funcionamiento emergético de un típico ecosistema agrícola pampeano, se seleccionó el ecosistema de MJ y se amplió la escala temporal de su análisis (Capítulo 4).

## **CAPÍTULO 4**

### **EVALUACIÓN HISTÓRICA DEL USO DE EMERGÍA EN UN ECOSISTEMA AGRÍCOLA DE LA REGIÓN PAMPEANA**

#### **Introducción**

La agricultura es una actividad productiva que utiliza bienes y servicios provenientes de la naturaleza y de la economía humana para generar su producción. Para determinar la eficiencia de esta actividad en un determinado ambiente, es fundamental poder cuantificar los flujos que participan en la conformación de cada producto. Actualmente existen una gran preocupación sobre la sustentabilidad en todas sus dimensiones, y una necesidad creciente de poder estimarla en términos cuantitativos. A nivel de ecosistema agrícola, la eficiencia en el uso de los recursos es uno de los aspectos que se relacionan con la sustentabilidad. Puede decirse entonces, que el hecho de poder evaluar sistemáticamente el funcionamiento de un ecosistema agrícola y estimar el efecto que éste tiene sobre el ambiente podría resultar en una contribución importante al diagnóstico de su sustentabilidad.

La síntesis emergética es una metodología que, aplicada en un ecosistema agrícola, permite cuantificar las contribuciones provenientes de la economía y del ambiente para la obtención de un determinado producto (Odum, 1996). En los últimos años, varios estudios han explorado desde una perspectiva histórica el consumo de bienes y servicios ecológicos y económicos de ecosistemas agrícolas (Rydberg y Haden, 2006; Chen et al., 2006). En realidad, a partir de las variaciones registradas en los indicadores emergéticos a través del tiempo, se pueden ilustrar tendencias sobre el funcionamiento de los ecosistemas.

El caso de los ecosistemas agrícolas pampeanos es interesante, ya que éstos estuvieron sujetos en la últimas dos décadas a un proceso de intensificación productiva (Viglizzo et al., 2002). Este incremento en los rendimientos obtenidos fue estimulado por la adopción de nuevas tecnologías (Satorre, 2005), entre las que se encuentran la siembra directa (SD), la disponibilidad de genética mejor adaptada, y los ajustes en el manejo tecnológico. Dado este contexto, los ecosistemas agrícolas podrían estar viendo afectada su estructura y funcionalidad a partir de este proceso de intensificación. El efecto de la intensificación sobre la sustentabilidad de los ecosistemas agrícolas pampeanos ha sido estudiada por algunos autores (Ferraro et al., 2003; Viglizzo et al., 2004, 2010).

La aplicación de la síntesis emergética al estudio de esta temática constituye una herramienta de análisis con un enfoque sistémico, que toma en cuenta los aspectos económicos y ecológicos del funcionamiento de los ecosistemas. Al relacionar las tendencias observadas en cuanto al consumo de recursos e insumos efectuado (provenientes del ambiente y de la economía), con las adopciones de tecnología llevadas a cabo en los ecosistemas, se puede realizar un aporte al estudio de la sustentabilidad de los mismos (Jiang et al., 2007). Basado en la síntesis emergética, este capítulo presenta un análisis histórico de un ecosistema agrícola pampeano situado en Marcos Juárez (Provincia de Córdoba, Argentina), con el objetivo de evaluar el patrón de desempeño a través de los años de cada una de las siguientes alternativas: cultivo de maíz, cultivo de soja de primera (de primera fecha de siembra, sin cultivo de trigo antecesor) y secuencia trigo/soja.

## **Materiales y Métodos**

### **Sitio de Estudio**

La zona agroecológica homogénea de Marcos Juárez, ubicada en la Pampa Central Subhúmeda (Sudeste de la Provincia de Córdoba), está dedicada mayormente a la producción agrícola y constituye la principal zona productora de soja y trigo, y la segunda de maíz de la provincia (Ghida Daza y Sánchez, 2009). En esta región se encuentran las mejores tierras de la provincia (el 93% de las tierras son de aptitud agrícola), predominan los suelos de tipo Argiudol típico, de alta fertilidad y productividad (Ghida Daza y Sánchez, 2009; ver Capítulo 3). El sitio de estudio en este capítulo fue el Módulo Agrícola de la EEA INTA Marcos Juárez ( $32^{\circ}41'S$ ,  $62^{\circ}09'W$ ), predio que estuvo dedicado exclusivamente a la producción agrícola desde el año 1975 y continúa con esta modalidad hasta la actualidad (Lattanzi y Salaris, Comunicación Personal). El análisis involucró una superficie de 80 hectáreas, donde se cultivaron: maíz, soja de primera fecha de siembra (soja de primera) y la secuencia trigo/soja, es decir, soja de segunda fecha de siembra (soja de segunda) sembrada luego de un cultivo de trigo, en el mismo año agrícola. La secuencia de cultivos trigo/soja realizados en un mismo año, se analizaron conjuntamente.

### **Descripción de los períodos analizados**

Para enmarcar la evaluación emergética del ecosistema de Marcos Juárez (MJ) en un contexto histórico acorde, se propone ubicar cronológicamente mediante períodos decadales, desde 1980 hasta el año 2010, la ocurrencia de los principales cambios tecnológicos adoptados para cada cultivo por la mayoría de los productores de la Región Pampeana (Peretti, 2002). A nivel regional los momentos de comienzo y finalización de adopción de una tecnología no tienen límites nítidos debido a la naturaleza progresiva

de la adopción. Sin embargo, en el sitio analizado, la ocurrencia de cada evento tecnológico ocurrió de manera direccionada y discreta. Un hecho importante de destacar es que, en los períodos analizados, el trigo nunca se realizó como cultivo anual, sino que siempre estuvo asociado a soja de segunda, que, junto al maíz y la soja de primera, fueron las tres alternativas netamente predominantes en la agricultura regional (Peretti, 2002).

A continuación, se detalla la caracterización por décadas:

1) **1980-1990:** A comienzos de los años '80 comenzó a utilizarse el arado de cincel (Satorre, 2005), una herramienta que remueve el suelo pero mantiene una mayor cobertura vegetal comparado con el arado de discos, ya que no invierte la tierra como lo hace el arado de reja y vertedera (el tipo de labranza predominante en años anteriores), resultando en un sistema de labranza comparativamente menos agresivo (labranza profunda; Álvarez, 2005). Las variedades de soja que se sembraban en esta etapa eran todavía las que habían sido importadas en los primeros años del desarrollo del cultivo, más algunas selecciones de esas variedades realizadas por el INTA. El germoplasma utilizado en trigo incluía variedades de la nueva generación de productos de cruce con germoplasma de trigos mejicanos, que se habían lanzado a partir del primer quinquenio de los '70s (Peretti, 2002), mientras que el germoplasma utilizado en maíz incluía híbridos.

A fines de los '80s, la innovación que comenzó a difundirse fue la Siembra Directa (SD), un sistema por el que no se recurre a un arado, ni se remueve el suelo antes de la siembra, sino que la sembradora crea una estrecha hendidura en la que deposita la semilla (Satorre, 2005). Las cosechadoras difundidas tenían mayor capacidad (ancho de labor y velocidad) lo que permitió una importante disminución del tiempo de cosecha por hectárea. En soja, comenzaron a aparecer las primeras sojas de

programas de mejoramiento nacional y en trigo se utilizaban todavía trigos cruza de germoplasma mejicano que se fueron sustituyendo por los de una nueva generación de variedades del INTA y Klein, cuyo uso se generalizó al final de este período (Peretti, 2002).

2) **1990-2000:** Desde comienzos de los '90, la estructura económica cambió, fomentada por inversión en tecnología, lo cual jugó un rol preponderante en el uso de la tierra de la Región Pampeana (Manuel-Navarrete et al., 2009). La inversión en productos fitosanitarios (i.e. herbicidas, fungicidas, insecticidas) por unidad de superficie cultivada, creció a partir de esta década al mismo ritmo que los fertilizantes (Díaz-Zorita, 2005; De la Fuente y Suárez, 2008), relacionado con mejoras en los precios relativos de estos productos. A lo largo de esta década se extendió en el país el uso de la SD (Álvarez, 2005). El proceso de cambio tecnológico involucró tanto la intensificación en el uso de bienes de capital, fertilizantes, productos fitosanitarios y maquinaria, como así también un cambio significativo en la composición de los insumos genéticos (Trigo et al., 2002). Con respecto a las variedades de soja, se produjo un importante surgimiento de variedades provenientes de programas de mejoramiento de múltiples criaderos del país, por lo que se multiplicó el número de variedades disponibles y se diversificó el espectro de uso de éstas por parte de los productores (Peretti, 2002). A mediados de los '90, la inversión en productos fitosanitarios disminuyó, en parte por el menor uso de esos productos necesarios para producir soja, y por el crecimiento relativo de dicho cultivo con respecto al maíz y al trigo (Díaz Zorita, 2005). En 1996 se liberó el primer cultivo transgénico introducido en la agricultura argentina, la soja tolerante a glifosato (RR) (Trigo y Cap, 2003). El cultivo de soja transgénica fue ampliamente adoptado por los agricultores argentinos tan pronto estas variedades aparecieron en el mercado (Satorre, 2005). Los maíces híbridos transgénicos

resistentes a lepidópteros (Bt) fueron liberados en 1998 (Trigo y Cap, 2003) y su adopción fue progresiva en los años siguientes. Los valores estimados de aportes de nitrógeno, fósforo y potasio para los cultivos de trigo, soja y maíz durante la década del 90' mostraron una clara tendencia creciente a través de los años (Flores y Sarandón, 2003). Más específicamente, aproximadamente el 85% del área cultivada con trigo o con maíz se fertilizaba mayormente con productos nitrogenados, mientras que esta práctica se aplicaba en menos del 30% de la superficie con soja (Díaz Zorita, 2005).

**3) 2000-2010:** A comienzos de esta década, el 95% del área sembrada con soja en la Argentina se cultivaba con variedades transgénicas resistentes a glifosato y se estimó que cerca del 52% del área sembrada con maíz se cultivaba con algún híbrido Bt (Satorre, 2005). El cultivo de híbridos de maíz resistentes a glifosato se comenzó a utilizar en el país en el año 2004 (SAGPyA, 2010). La fertilización modal a comienzos de este período incluía nitrógeno y fósforo, y algunos productores comenzaron a adoptar la fertilización con azufre y potasio (Peretti, 2002). En los últimos años, la transición tecnológica no ha cesado, y se caracteriza por la incorporación de tecnologías de información a las más conocidas de insumos y procesos (Satorre, 2005). Entre ellas se encuentra la agricultura de precisión, definida como la utilización de modernas herramientas capaces de facilitar la obtención y análisis de datos georreferenciados. Esto permite mejorar el diagnóstico, la toma de decisiones y la eficiencia en el uso de insumos, para finalmente realizar un manejo diferencial de distintos sectores de un mismo lote (Bragachini, 2007). Acompañando este proceso, ha habido un incremento en la adopción de monitores de rendimiento, y otros componentes característicos de este tipo de tecnología, como los banderilleros satelitales, monitores de siembra y equipos de dosificación variable de fertilizantes líquidos (Bragachini, 2010). Con respecto a la

genética utilizada, se estima que actualmente el 99% de la soja y el 83% del maíz sembrado en Argentina es transgénico (Burachik, 2010).

### **Síntesis Emergética**

La síntesis emergética es una metodología de cuantificación que usa la base termodinámica de todas las formas de energía, materiales, servicios brindados por el hombre, dinero e información para convertirlas en una misma fuente de energía, la emergía (expresada en Joules de energía solar equivalente, seJ; Odum, 1996; Brown y Ulgiati, 2004a). Al usar la energía solar incorporada en los insumos del sistema como la medida de base, esta metodología permite comparar las cantidades con una base común. Por lo tanto, la síntesis emergética constituye una herramienta que permite evaluar el consumo de bienes y servicios provenientes de la economía y de la naturaleza para generar un determinado producto o servicio (Odum, 1996).

La metodología involucra una serie de pasos: (1) identificar los límites del sistema de producción; (2) elaborar un diagrama del sistema en lenguaje energético; (3) analizar los flujos emergéticos de insumos, recursos y productos involucrados, que participan, del sistema; (4) calcular los indicadores emergéticos; (5) interpretar los indicadores obtenidos. Explicaciones más detalladas de la metodología se pueden encontrar en el Capítulo 2 de esta tesis.

En el caso del ecosistema agrícola de MJ, se analizaron los bienes y servicios utilizados, junto con la producción generada, durante un período de 27 años (1984-2010). Los datos de manejo provinieron de registros llevados a cabo por los responsables del Módulo Agrícola durante el período analizado (Salaris y Lattanzi, Comunicación Personal). Los datos analizados estuvieron referidos a: labores (tipo y número); fertilización (fuente, dosis, forma y momento de aplicación); fecha de

siembra; cultivo (híbrido o variedad) y densidad de siembra; herbicidas, insecticidas y fungicidas aplicados (principio activo, dosis, momento y forma de aplicación), rendimiento y el servicio de asesoramiento recibido. Para la caracterización ambiental se utilizaron datos climáticos registrados en la Estación Meteorológica ubicada en la misma EEA INTA Marcos Juárez, referidos a viento y lluvias durante el ciclo del cultivo (Estación Meteorológica, INTA Marcos Juárez, 2010). La energía solar se estimó a partir de registros disponibles en el libro "Análisis de tendencias de heliofanía efectiva en Argentina" (Grossi Gallegos y Spreafichi, 2008). Con el objetivo de mitigar fluctuaciones entre años y destacar posibles tendencias de largo plazo o ciclos, los valores anuales fueron agrupados en medias móviles por trienio.

Acompañando la tendencia en el cambio del uso de la tierra a nivel regional, los ecosistemas analizados presentaron una secuencia de dos rotaciones agrícolas distintas durante el período analizado: 1) maíz-soja-trigo/soja y 2) maíz-trigo/soja. Con respecto a las labores, hubo dos tipos de labranzas llevadas a cabo: labranza mínima (LM: mínimo laboreo indispensable para lograr una correcta implantación del cultivo) y posteriormente se fue incorporando la siembra directa (SD). El primer cultivo que se realizó en SD fue la soja de segunda, en 1988, para luego en 1994 comenzar a sembrarse en SD la soja de primera y el maíz. El último cultivo en ser sembrado mediante siembra directa fue el trigo, en 1995. Con el objetivo de aumentar la productividad del sistema, nuevos cultivares utilizados, junto a técnicas de control de malezas, y fertilización se fueron también adoptando progresivamente (ver notas al pie, Anexo C).

El primer paso del procedimiento fue la elaboración de un diagrama de flujos, donde se identificaron los principales componentes y flujos de energía, materia y capital, que representan la conformación del sistema durante todo el período analizado.

Las cuantificaciones de los flujos se realizaron por año y por hectárea en unidades físicas (i.e. Joules, Kilogramos, \$). La emergía solar de los productos y servicios se calculó multiplicando las unidades de energía (e.g. Joules de combustible) por la emergía por unidad de energía (i.e. transformidad), unidades de masa (e.g. kg de semilla) por la emergía por unidad de masa (emergía específica), y el dinero por la emergía por unidad de dinero. Para los distintos componentes, se utilizaron las transformidades disponibles en la bibliografía (ver notas al pie, Anexo C), después de haber chequeado su aplicabilidad al caso de estudio (e.g. sistemas de producción análogos). Al igual que en el capítulo anterior, y tal cual se realiza de manera habitual en las evaluaciones de flujo de emergía, los valores de transformidad utilizados provinieron de una serie de trabajos que se han llevado a cabo con el objetivo de cuantificar la cadena de transformaciones energéticas de distintos insumos y recursos naturales que intervienen en los procesos productivos (Odum 1996; Odum et al., 2000; Odum, 2000; Brown y Bardi, 2001; Brandt-Williams, 2001). La cuantificación de esta cadena de uso de energía, masa y dinero, en la moneda común de seJ determina el contenido emergético de cada componente interviniente, en este caso, en los procesos de obtención de grano en cada sistema de producción. A partir de esta información de base, la elección de los valores de transformidad se llevó a cabo tomando en cuenta que las características de los sistemas a partir de los cuales se estimaron los valores de transformidad, se asemejen en la mayor medida posible a las características particulares de los sistemas que fueron analizados en este trabajo. En las notas al pie de las tablas de cuantificación emergética (Anexo C), se detalla la cita del trabajo en el cuál fue estimado cada valor de transformidad utilizado para los cálculos efectuados en este trabajo. Cabe aclarar que para las semillas se aplicaron valores de transformidad (según sean de producción propia, híbridas o con eventos genéticos incorporados) estimados

por Ortega et al. (2002b). A pesar que dichos valores no contemplan cambios en las transformidades a medida que se van generando nuevas variedades en base al conocimiento ya generado, hasta la realización de este trabajo no se disponen de valores en la bibliografía que superen la precisión de los valores actuales de transformidad, por lo que estos fueron los utilizados en los cálculos efectuados en este trabajo. Los insumos y productos fueron convertidos en unidades emergéticas basadas en la base energética  $15.83E+24$  seJ/año (Odum et al., 2000). Todas las transformidades, emergías específicas y relación de energía dinero (Ferreyra, 2001) encontradas en la literatura fueron convertidas con la base energética antes de compararlas con los resultados obtenidos.

En el caso de la secuencia trigo/soja, la transformidad fue calculada siguiendo lo sugerido por Bastianoni y Marchettini (2000), para permitir una mejor comparación entre sistemas con producciones integradas y sistemas con producciones independientes, con los mismos productos. El cálculo se realizó dividiendo toda la energía requerida por el sistema (Y) por la suma de las energías de todos los productos (i.e. soja y trigo). Los insumos comprados fueron divididos en dos categorías: renovables y no renovables. La incorporación del factor de renovabilidad se llevó a cabo teniendo en cuenta que el sistema integró algunos materiales y servicios (e.g. labores y servicios) obtenidos en la economía local o regional (ver Capítulo 2). A partir de este cálculo, se pudieron estimar los recursos provenientes de la naturaleza ( $I=R+N$ ) y los insumos provenientes de la economía ( $F=M+S$ ) que se requirieron para generar la producción obtenida. Los cálculos de los flujos de cada producto no incluyeron los insumos requeridos para el transporte de la producción hasta el punto de venta al mercado y representaron la cantidad de insumos requeridos para disponer del producto en el ecosistema agrícola dado.

Al igual que en el capítulo anterior, pero ahora a nivel de cultivo individual, en lugar de rotación agrícola, la información sobre el inventario de flujos de emergencia permitió calcular una serie de indicadores energéticos (ver Tabla 2.3 para la descripción completa de cada indicador, junto a su abreviación correspondiente) que permiten inferir acerca del desempeño ambiental del sistema a través de los años y según cada cultivo realizado (ver Anexo D). Los indicadores obtenidos permitieron concluir sobre:

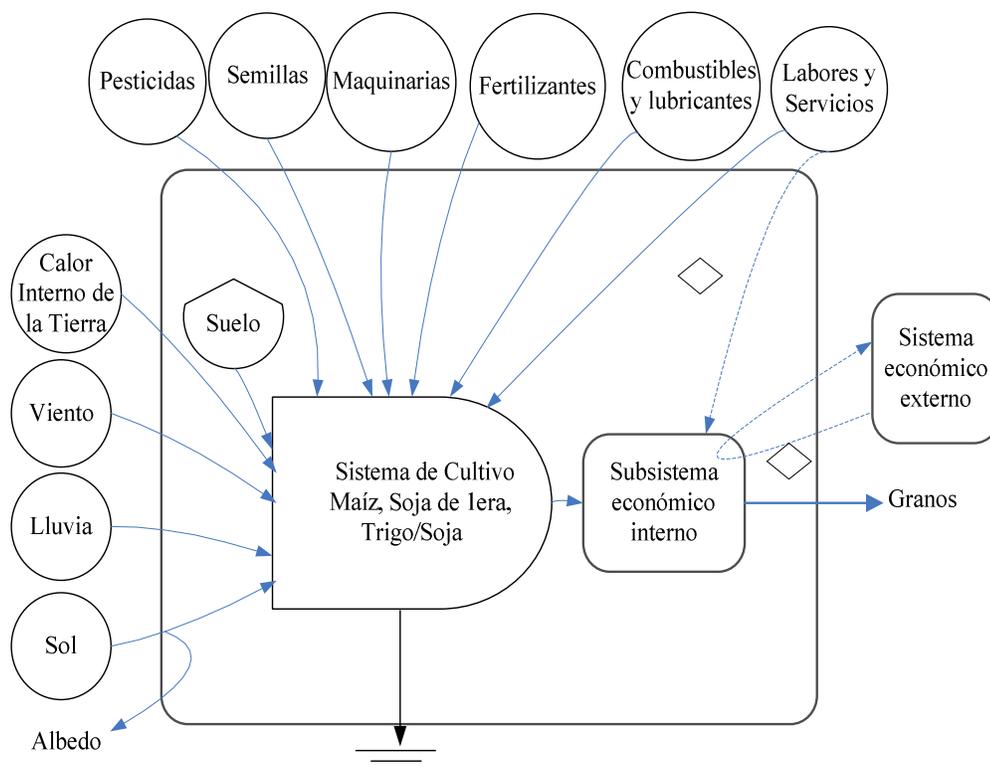
- 1) eficiencia en el uso de la emergencia para la obtención de grano (Tr);
- 2) la contribución potencial que realizó el sistema a la economía principal a partir de la explotación de los recursos locales (EYR);
- 3) la medida en la que el sistema es un buen usador de la emergencia invertida (EIR);
- 4) la contribución del ecosistema agrícola a la economía (EER);
- 5) la presión ejercida sobre el ambiente para la obtención de la producción (ELR) y la fracción renovable de los insumos (% R);
- 6) la contribución potencial al sistema económico por unidad de presión ejercida en el sistema local (ESI).

## **Resultados y Discusión**

### **Flujos Energéticos**

A manera ilustrativa (tal cual lo realizado en el capítulo anterior) un diagrama energético resume los principales flujos analizados en cada uno de los cultivos llevados a cabo en MJ (Figura 4.1). Los flujos cuantitativos de todos los recursos naturales e insumos económicos utilizados para la producción de cada cultivo y su respectiva contabilidad energética, promediados por trienio y por hectárea, están detallados en el Anexo C. Las notas necesarias para el cálculo de los datos correspondientes a los flujos

de recursos naturales (I) e insumos económicos (F) son presentados en las notas al pie del anexo C; este cálculo se hizo promediado por trienio y por ha.



**Figura 4.1. Diagrama del ecosistema agrícola de MJ en lenguaje energético.**

### **Recursos Renovables (R)**

De acuerdo a lo explicado en el capítulo 2 de esta tesis, sólo el recurso renovable proveniente de la naturaleza de mayor contribución es tenido en cuenta para el cálculo de los indicadores, con el objeto de evitar un doble conteo de la emergía interviniente. Esta corrección debe hacerse para evitar el doble conteo de emergía cuando los flujos distintos, procedentes de la misma fuente, vuelven a converger (Odum 1996). La energía del sol, el viento y la lluvia se originan a partir de la entrada anual emergía a la tierra, por lo tanto, en el presente estudio solo la lluvia, la cual provee la mayor contribución en emergía al sistema, se ha incluido en el R total. En el sitio de MJ, la

provisión de R varió cíclicamente a lo largo del período evaluado (Figura 4.2), determinando largos períodos de condiciones húmedas y secas, característico de esta zona (Viglizzo et.al., 1997). Sumado esto a la variabilidad interanual de las precipitaciones, que está fundamentalmente asociada a los fenómenos El Niño y La Niña (Grimm et al., 2000) y que influencia los rendimientos de los principales cultivos de esta región (Podestá et al., 1999). Esto determinó que la oferta ambiental fuera heterogénea entre los trienios, pudiendo provocar variaciones en la producción de los cultivos. Debido a que la producción agrícola en la RPA en general está basada en cultivos de secano (i.e. sin riego), la producción es altamente sensible a los déficits hídricos (Podestá et al., 2009).

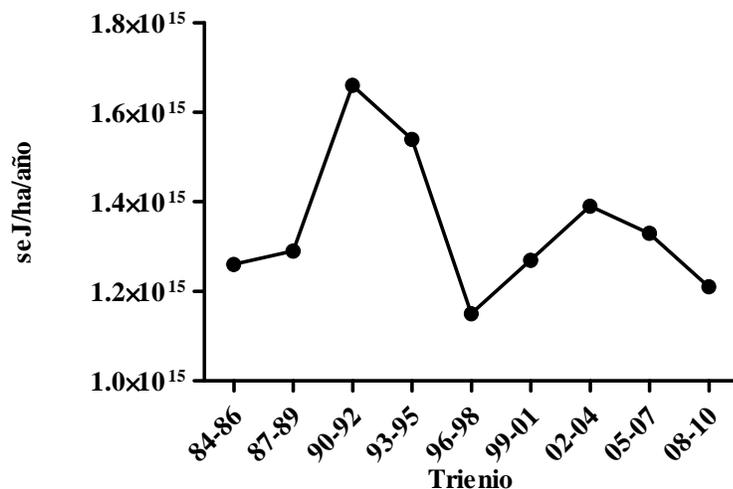


Figura 4.2. Provisión de Recursos Renovables (R) (seJ/ha/año) en MJ, por trienio. Los valores de las lluvias (mm/ha/año) se encuentran en notas al pie, Anexo C.

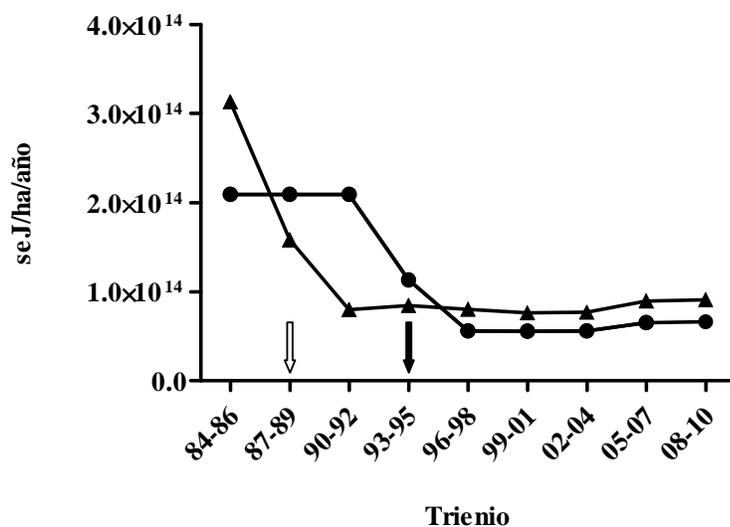
### Recursos No Renovables (N)

La emergía contabilizada en N no solamente considera la cantidad de material perdido (i.e. tasa de erosión) sino también la calidad o información contenida en esta cantidad (i.e. concentración de materia orgánica). El patrón general obtenido para los

tres cultivos fue una caída en el consumo de recursos no renovables (N) a lo largo del período evaluado. Es decir que los cultivos analizados disminuyeron consistentemente, durante el período analizado, el agotamiento del recurso renovable más crítico en los ecosistemas agrícolas como es el suelo. Las variaciones de N que se registraron para los cultivos de maíz, soja de primera y la secuencia trigo/soja, estuvieron claramente relacionadas a los cambios ocurridos en el sistema de siembra de los cultivos (Figura 4.3), es decir, a la incorporación de la tecnología de SD en reemplazo de la LM. El consumo de N también estuvo afectado por el contenido de materia orgánica (% de MO.) presente en el suelo a través de los años (ver notas al pie, Anexo C). La adopción de la SD en el cultivo de soja de segunda en el año 1988, provocó disminuciones que se vieron reflejadas en caídas progresivas del consumo de N durante los trienios 1987-1989 y 1990-1992. El hecho de que las caídas fueran progresivas durante dos trienios, se explica porque en el primer trienio (1987-1989) se promedió el consumo de N de un año con LM y dos años con SD, y en el segundo trienio (1990-1992) se promediaron tres años bajo SD. A partir de 1990-1992 hasta el final del período evaluado no se registraron variaciones importantes en el consumo de N, relacionados que no hubo modificaciones en el sistema de siembra.

En el cultivo de maíz y soja de primera, el cambio en el sistema de labranza se produjo en el año 1994, y ello se tradujo en disminuciones progresivas en el consumo de N en los trienios 1993-1995 y 1996-1998. Dado que la adopción de SD en soja de primera y maíz se produjo, al igual que en soja de segunda, en el segundo año de un trienio, el consumo de N se vio afectado progresivamente durante dos trienios (1993-1995 y 1996-1998). En el caso del cultivo de trigo, la adopción más tardía del sistema de SD, en el año 1995, no implicó importantes disminuciones en el consumo de N. El cultivo de maíz y el cultivo de soja de primera presentaron valores similares de pérdida

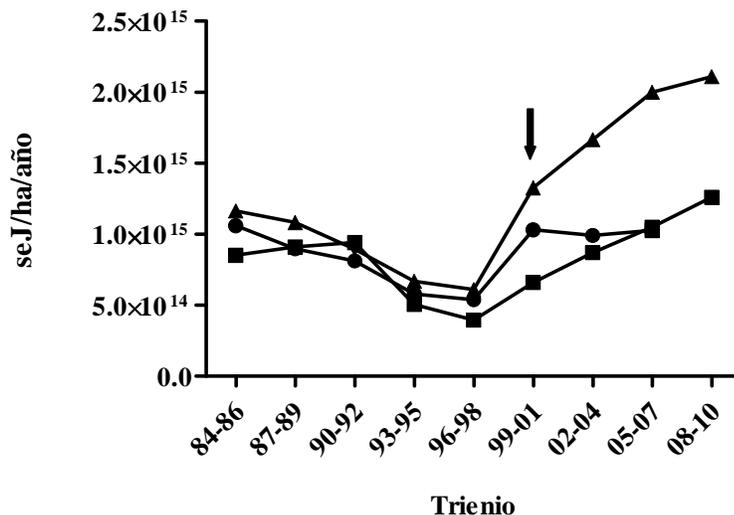
de suelos, por ello las curvas se ven superpuestas en el gráfico. Esto se explica dado que el valor orientativo estimado para el factor cultivo (Factor C), que se incluye en la Ecuación Universal de Suelos (Wischemeyer y Smith, 1978), es igual para el cultivo de soja y de maíz realizados en SD, en cada uno de los años estudiados (Iruetia y Cruzate, 2011). A partir de 1996-1998 y hasta el final de la evaluación llevada a cabo, el sistema de siembra no sufrió modificaciones. Por ello, los valores de N de las alternativas evaluadas mostraron una estabilización durante este período (1996-2010), relacionada al % MO presente en el suelo. Cabe destacar, que durante los primeros trienios, con predominio de LM como sistema de siembra, el consumo de N de maíz y soja de primera se diferenció marcadamente de la secuencia trigo/soja, y luego, en los últimos trienios, con todos los cultivos bajo SD, la diferencia en el consumo de N entre alternativas fue mucho menor.



**Figura 4.3.** Recursos no renovables (N) (seJ/ha/año) consumidos en MJ, por trienio, en soja de primera y maíz (círculo lleno), trigo/soja (triángulo lleno). La flecha señala el momento en el que se incorporó la SD en los distintos cultivos (1987-1989: soja de segunda (flecha blanca); 1993-1995: maíz y soja de primera y trigo (flecha negra)).

Lo ocurrido con respecto al proceso de adopción de la SD en la zona de estudio, se asemeja a lo que sucedió en la Región Pampeana en general (Satorre, 2005; Álvarez, 2005). Por lo tanto, las tendencias históricas obtenidas para el consumo de N relacionadas al cambio de sistema de siembra de LM a SD, podrían extenderse a nivel de la región. De acuerdo a lo analizado con respecto a la reducción en el consumo de N relacionada con la incorporación de la SD, se sugiere que dicha tecnología representó una evolución favorable del modelo productivo implementado, en términos de un menor consumo de recursos no renovables provenientes de la naturaleza. Si bien este patrón de reducción en la tasa de erosión en el período estudiado podría también detectarse a través de la aplicación en el tiempo de la ecuación que estima la pérdida de suelo anual, el hecho de expresarlo en energía tiene una serie de ventajas adicionales. En primer lugar, establece la magnitud de los cambios en una moneda común para poder ser comparada con otros cambios temporales en el uso de insumos y recursos del sistema. Más importante aún es que esta moneda de cambio (que podría ser una valorización monetaria) es, cuando se expresa en energía, una medida real tanto del cambio en el *stock* de recursos naturales, como de la valorización del impacto de estos cambios, ya que los mismos expresan la magnitud de recursos naturales que tuvieron que invertirse a través del tiempo y que derivaron en el bien estudiado (en este caso la posible pérdida de energía asociada a la erosión edáfica).

### Insumos económicos (F)



**Figura 4.4.** Costo energético (seJ/ha/año) del total de Insumos Económicos (F) en soja de primera (círculo lleno), maíz (cuadrado lleno) y trigo/soja (triángulo lleno), por trienio, en MJ. La flecha indica el momento de adopción de los cultivos de soja y maíz transgénicos.

En los tres casos analizados, a partir del trienio 1984-1986, el consumo de insumos comprados en el sistema económico (F) fue decreciente hasta el trienio 1996-1998, y luego a partir de 1999-2001 la tendencia se mantuvo en aumento, hasta el último trienio evaluado (Figura 4.4). Las caídas observadas en los valores de F desde 1984-1986 hasta 1996-1998, estarían asociadas a la incorporación de la SD que se produjo sucesivamente en los distintos cultivos: en el trienio 1987-1989 en el cultivo de soja de segunda; y 1993-1995 en los cultivos de soja de primera, maíz y trigo (Figura 4.3). La adopción de una tecnología como SD, redujo la entrada de energía en forma de labranzas y pérdida de suelos, pero paralelamente ese ingreso fue remplazado por un mayor uso de productos de protección vegetal (Satorre, 2005). Existen evidencias que ese reemplazo, en los sistemas pampeanos no fue inocuo, implicando un riesgo ecotoxicológico mayor que en la condición previa a la incorporación de la SD (Ferraro et al. 2003). Sin embargo, en términos energéticos, la serie de tiempo analizada en MJ,

muestra que la tendencia inicial de este remplazo (1987-1998) fue positiva en términos de reducciones en el consumo de energía externa. Sin embargo, a partir del trienio 1999-2001 se observa un aumento en el consumo de insumos económicos (F), que bien podría estar relacionado con la incorporación de la tecnología transgénica en los cultivos de soja (Soja RR) y maíz (Maíz Bt) (Figura 4.4), aspectos que son efectivamente captados por la síntesis emergética. En el caso de soja de primera, los valores iniciales de F fueron similares a los valores correspondientes a los últimos períodos analizados. Para el caso del maíz el aumento de F en los últimos años respecto a los iniciales, fue intermedio en relación al cultivo de soja de primera y la secuencia trigo/soja. En la secuencia trigo/soja, el aumento registrado en los últimos períodos superó marcadamente los valores obtenidos en los períodos iniciales. Cabe destacar que, a partir del trienio 1999-2001, las alternativas estudiadas se diferenciaron claramente en el consumo de F: la secuencia trigo/soja mostró los mayores valores hasta el final del período evaluado, soja de primera fue intermedia, y maíz mostró los menores valores.

La tendencia creciente observada en el consumo de F en los últimos cuatro trienios, replica la tendencia analizada en otros estudios sobre el aumento en el uso de insumos externos que se produjo en los ecosistemas agrícolas pampeanos en las últimas décadas (Satorre, 2005; Viglizzo et al., 2002). Para poder interpretar mejor las tendencias observadas en el consumo de F, se evaluó el costo emergético que tuvo cada insumo económico, por trienio y cultivo.

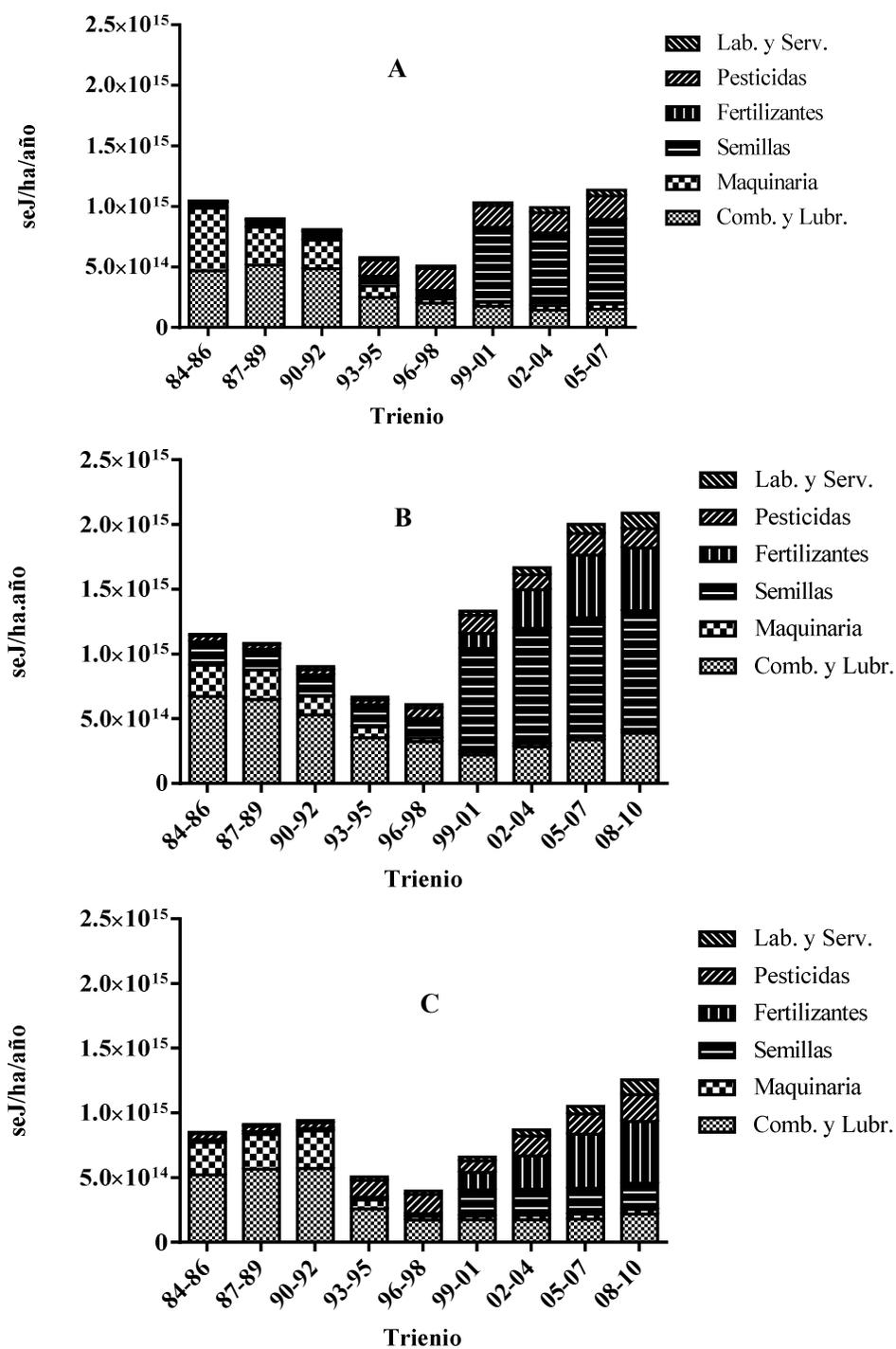


Figura 4.5. Costo emergético (seJ/ha/año) de cada Insumo Económico (F), por trienio, en el cultivo de soja de primera (A), en la secuencia trigo/soja (B) y en el cultivo de maíz (C) en MJ.

### **Soja de primera**

Durante los primeros cinco trienios el mayor costo emergético estuvo representado por las maquinarias y el combustible (Figura 4.5A). Este costo estuvo relacionado al número de labores llevadas a cabo para la preparación del suelo y durante el ciclo del cultivo para el control mecánico de malezas. Luego, desde 1999-2001 hasta 2005-2007 fueron las semillas las que representaron la mayor fracción de F, debido al alto costo de las semillas transgénicas (soja RR). La producción de semillas transgénicas tiene un costo emergético de producción más alto que el de semillas sin modificaciones genéticas (Ortega et al., 2002b), lo cual se explica porque en este caso los flujos de información, servicios y labores humanos que fueron necesarios para generar dicha tecnología son mayores (Ulgiati y Brown, 2009).

El cambio en el costo de las semillas al ser transgénicas, sólo puede observarse mediante el uso de la síntesis emergética que considera el costo que insumió el desarrollo de esta innovación, medida en ciclos solares (i.e. seJ). Esta característica, como ya se resaltó en el análisis llevado a cabo en el Capítulo 3, es una particularidad que posee la síntesis emérgética con respecto a otros métodos de contabilidad, entre ellos el análisis energético (Franzese et al., 2009; Herendeen 2004). El valor de transformidad que permite calcular la emergía de este insumo, captura y estima la inversión de recursos naturales que fueron necesarios a lo largo del proceso productivo, más allá del contenido energético en sí mismo (Franzese et al., 2009; Herendeen 2004).

La adopción de la tecnología de soja transgénica en el sitio de estudio es representativa de lo que sucedió a nivel regional, ya que luego de su liberación ésta fue ampliamente adoptada por los agricultores pampeanos (Satorre, 2005; Trigo y Cap, 2003). Cabe destacar que el costo emergético de las labores y los servicios consumidos no se destaca en el gráfico, dado que representó durante todo el período una fracción

baja respecto al total de F (2.8% en promedio). El uso de fertilizantes resultó nulo durante todos los períodos analizados, patrón que representa la tendencia general en el área de estudio de un escaso uso de fertilizantes para el cultivo de soja (Peretti, 2002). A partir de lo analizado hasta aquí, puede inferirse que, dada la similitud de F para este cultivo en los períodos iniciales y en los últimos analizados (Figura 4.4.), hubo un reemplazo en el costo emergético de maquinarias y combustible, por el de las semillas y los pesticidas (Figura 4.5A).

### **Trigo/Soja**

En este caso, durante los primeros cinco trienios, tal como sucedió en el cultivo de soja de primera, maquinarias y combustible representaron el mayor costo emergético (Figura 4.5B). A partir de 1999-2001 hasta el último trienio evaluado, el principal costo emergético fueron las semillas, debido a la adopción de la tecnología transgénica resistente a glifosato (soja RR). En la secuencia trigo/soja, los fertilizantes pasaron a representar una fracción importante de F (luego de las semillas) a partir del trienio 1999-2001. Los fertilizantes consumidos fueron mayormente destinados al cultivo de trigo y eran de composición nitrogenada (ver Anexo C). El comienzo de la fertilización de este sitio de estudio parece haber ocurrido algunos años después que a nivel regional (Flores y Sarandón, 2003). El aumento de la fertilización en el cultivo de trigo, dentro de la secuencia trigo/soja, responde a lo planteado por Díaz-Zorita (2005) con respecto a lo ocurrido en la región de modo general. Podría decirse entonces que, en la secuencia trigo/soja también hubo un reemplazo de maquinarias y combustibles por semillas y fertilizantes, explicado por la incorporación de soja RR y, en los últimos años, la incorporación de fertilizantes en el cultivo de trigo (Figuras 4.4. y 4.5B).

## Maíz

En el cultivo de maíz (Figura 4.5C) el patrón de consumo de maquinarias y combustible en los primeros cinco trienios analizados, fue similar a lo ocurrido en el caso de soja de primera y la secuencia trigo/soja. Desde del trienio 1999-2001 el principal costo emergético estuvo representado por los fertilizantes consumidos, principalmente nitrogenados (ver tablas Anexo C). Los fertilizantes comenzaron a utilizarse en el trienio 1999-2001 y su fracción fue en aumento, llegando a representar en los últimos trienios la mayor parte de los insumos comprados y utilizados, coincidentemente con lo planteado por Díaz-Zorita (2005) para la región. La fracción correspondiente a pesticidas en los primeros trienios se mantuvo estable y representó menos de un 10% del total, lo cual cambió a partir del trienio 1993-1995 en adelante, durante el cual el consumo emergético de pesticidas aumentó probablemente debido a un mayor uso de herbicidas para el control de malezas, en reemplazo de las labores mecánicas. Esto concuerda con lo que sucedió a nivel regional en cuanto al aumento en el consumo de productos fitosanitarios por unidad de superficie trabajada (De la Fuente y Suárez, 2008). El costo emergético correspondiente a combustible mostró pequeños aumentos en el tiempo, a partir del trienio 1996-1998 hasta el último evaluado, que se atribuyeron al aumento del número de labores realizadas por unidad de superficie, explicadas por una mayor aplicación de pesticidas. Con respecto al costo emergético de las semillas, éste representó una fracción reducida en relación con otros insumos, y se registró un leve aumento a partir del trienio 1999-2001, coincidente con la adopción de semillas transgénicas (Bt).

Cabe aclarar que la diferencia del impacto relativo en el costo total de la incorporación de semilla transgénica en el caso de maíz, en comparación con soja de primera y trigo/soja fue menor, debido a que otros insumos tales como fertilizantes y

pesticidas preponderaron en el modelo productivo llevado a cabo en maíz. Finalmente, en el caso del cultivo de maíz hubo también un reemplazo de los combustibles y maquinarias consumidos en mayor proporción en los períodos iniciales por el consumo de semillas y pesticidas relacionado a la adopción de la tecnología transgénica (maíz Bt), como así también de fertilizantes (Figuras 4.4 y 4.5C). En relación a la secuencia trigo/soja (Figura 4.5B), que también incorporó fertilizantes en los últimos períodos analizados, los aumentos de F no fueron tan marcados en el caso del maíz (Figura 4.4), debido a que se registraron también caídas importantes en los últimos años en el consumo de combustibles (Figura 4.5C).

### Productos Exportados (E)

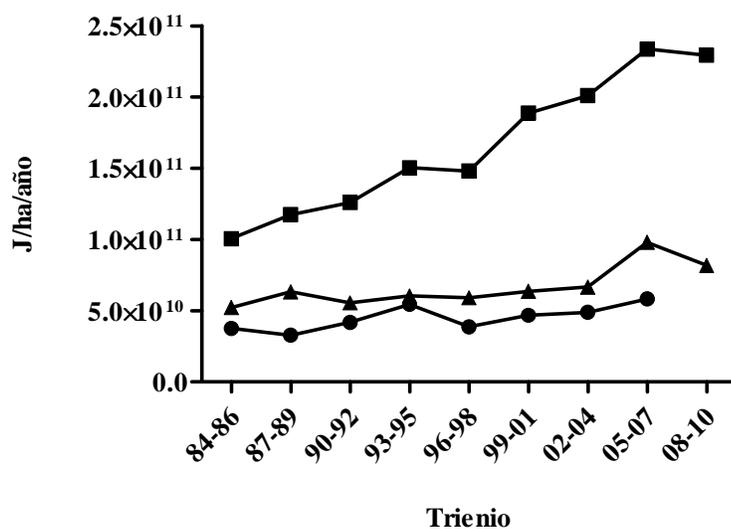


Figura 4.6. Productos exportados (E) expresados en J/ha/año, en soja de primera (círculo lleno), maíz (cuadrado lleno) y trigo/soja (triángulo lleno), por trienio.

En la Figura 4.6 se puede observar que los tres cultivos mostraron un aumento de los productos exportados del sistema en forma de granos, expresado en J/ha/año, durante el período analizado (ver rendimientos expresados en unidad de masa, en notas al pie Anexo C). Los incrementos más evidentes y sostenidos en el tiempo se dieron en

el cultivo de maíz, al mismo tiempo que fue el cultivo con mayores rendimientos obtenidos durante todo el período evaluado. La secuencia trigo/soja mostró rendimientos intermedios durante todo el período, mientras que el cultivo de soja de primera presentó los más bajos. La intensificación que experimentó el ecosistema agrícola de MJ se refleja en el aumento de los rendimientos logrados en todos los cultivos a lo largo de los trienios (Figura 4.6), relacionado con el aumento de F a partir del trienio 1996-1998 hasta el último trienio evaluado (Figura 4.4). Con respecto a R, no hubo relación entre este flujo (Figura 4.3) y los productos exportados del sistema (Figura 4.6). El aumento en los rendimientos se asoció negativamente al consumo de N en los últimos períodos. Por cada unidad de N consumido (Figura 4.3), el ecosistema agrícola de MJ produjo mayor cantidad de J/ha/año (Figura 4.6). A partir de esto, podría sugerirse que el ecosistema de MJ, imita la tendencia regional en cuanto al aumento en los rendimientos obtenidos en las últimas décadas relacionada a un aumento en el consumo de insumos externos (Manuel Navarrete et al, 2009; Satorre, 2005; Viglizzo et al., 2002). Sin embargo, estos aumentos en el rendimiento productivo podrían ser explicados también por aumentos en la eficiencia del ecosistema agrícola de MJ en la transformación de insumos y recursos en producto (Tr). Para profundizar el estudio del desempeño biofísico y económico histórico del ecosistema agrícola de MJ, a continuación se estimaron y analizaron una serie de indicadores emergéticos.

### **Indicadores Emergéticos**

En esta sección se evaluó el desempeño histórico de los cultivos estudiados en el del ecosistema agrícola de MJ mediante los indicadores emergéticos de transformidad (Tr), renovabilidad (%R), relación de rendimiento emergético (EYR), sustentabilidad emergética (ESI), relación de energía invertida (EIR), presión ambiental (ELR) e

intercambio energético (EER) (ver Tabla 2.3). Las tablas con los indicadores energéticos de cada cultivo y por cada trienio se presentan en el Anexo D.

#### Transformidad (Tr)

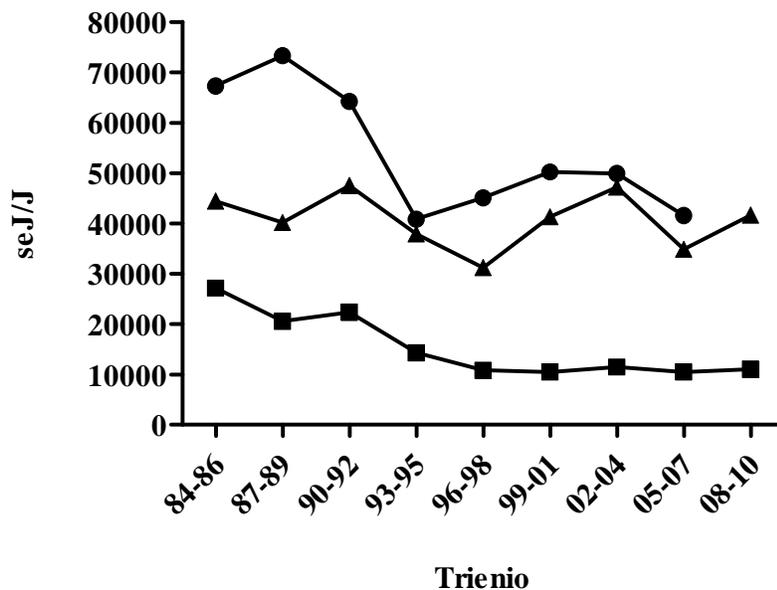


Figura 4.7. Transformidad (Tr) (seJ/J) por cultivo y trienio, en soja de primera (círculo lleno), maíz (cuadrado lleno) y trigo/soja (triángulo lleno), en MJ.

La Tr cuantifica la energía (seJ) necesaria para generar una unidad de producto (J/ha/año), a partir de la relación entre el consumo total de energía del ecosistema agrícola (Y) y lo producido (E) (ver explicación detallada en el Capítulo 2). En términos globales, la diferencia en la Tr implica que para obtener un J de producto, la inversión de energía necesaria fue diferente para cada cultivo. El cultivo de maíz fue el cultivo más eficiente en lo que concierne a la conversión de energía usada en energía (i.e. valores más bajos de Tr; Figura 4.7) durante todo el período analizado. La soja de primera fue el cultivo menos eficiente durante todo el período analizado, mientras que el trigo/soja mantuvo valores intermedios. La eficiencia promedio del cultivo de maíz, superó en un 28% aproximadamente a las otras alternativas (Anexo D). Este cultivo

aumentó su eficiencia de conversión hasta el trienio 1993-1995, y se estabilizó en valores cercanos a 10000 seJ/J a partir del trienio 1999-2001. En el caso del cultivo de soja de primera, la Tr muestra una trayectoria hacia estados de mayor eficiencia emergética a través de los años (Figura 4.7), explicada durante la primer parte de la serie de tiempo analizada, en consonancia con el cambio de tipo de labranza (i.e. 1990-1995). En el caso de la secuencia trigo/soja, la Tr registró ciertas fluctuaciones entre trienios, pero mantuvo un patrón relativamente constante a través de todo el período evaluado. El patrón mostrado por soja de primera de alcanzar menores valores de Tr a través del tiempo (i.e. mayor eficiencia), no resultó tan marcado en maíz, ni tampoco en la fluctuante trayectoria de trigo/soja, a pesar de que en todos los casos se incorporó la SD. Esto estaría indicando que el cambio tecnológico implicó una mejora de uso de la emergía en soja de primera, y en los otros dos cultivos, generó otro aprovechamiento de la emergía que determinó que la Tr no variara tanto a través de los años.

Las tres alternativas evaluadas en el ecosistema agrícola de MJ mostraron distintos patrones en la eficiencia alcanzada a través de los años. Este hecho indicaría que el proceso de intensificación, llevado a cabo a partir del agregado de insumos externos y de un aumento en los rendimientos a través de los años, afectó de distinto modo el desempeño de cada cultivo. Se destacan particularmente la alta eficiencia lograda en el cultivo de maíz, explicada por los altos rendimientos (J/ha/año) (Figura 4.6) alcanzados, y el relativo bajo consumo de F en relación con trigo/soja y soja de primera (Figura 4.4). A partir de lo analizado, se infirió que el ecosistema agrícola analizado no va hacia estados de mayor ineficiencia termodinámica, a pesar del mayor agregado de insumos. Es decir que, se aumentaron los rindes, se usó mas emergía externa, pero la tendencia fue convertir esa emergía al menos con la misma eficiencia

que al comienzo del período evaluado (trigo/soja) o de una manera más eficiente (soja de primera y maíz).

#### Relación de Rendimiento Energético (EYR)

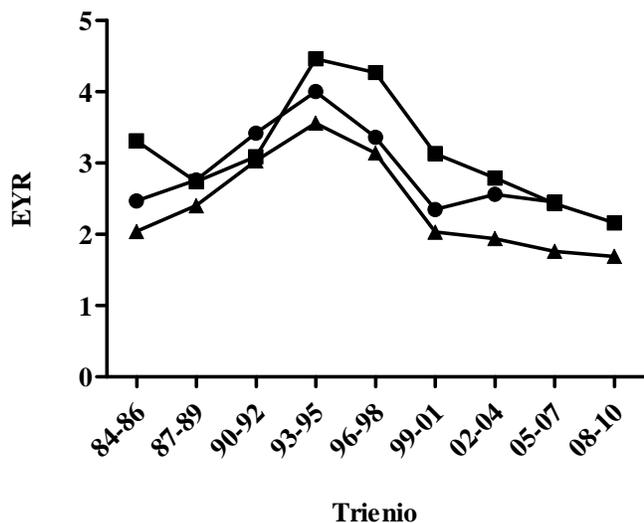


Figura 4.8. Relación de Rendimiento Energético (EYR) por cultivo y trienio, en soja de primera (círculo lleno), maíz (cuadrado lleno) y trigo/soja (triángulo lleno), en MJ.

El EYR cuantifica la efectividad de los insumos comprados en el sistema económico externo y usados para direccionar los recursos provenientes de la naturaleza para realizar una contribución potencial a la economía. En el ecosistema agrícola de MJ los EYR del cultivo de maíz, soja de primera y trigo/soja a lo largo de todos los años evaluados estuvieron por encima de 1.7 y por debajo de 4.5 (Figura 4.8). Es decir que, el ecosistema de MJ a través de los distintos cultivos llevados a cabo, realizó durante todo el período evaluado contribuciones potenciales a la economía a partir del consumo que se efectuó de recursos naturales. Los valores de EYR para las tres alternativas estudiadas mostraron un patrón general similar a través de los años: en los períodos iniciales la contribución potencial de los recursos naturales al subsistema económico fue aumentando progresivamente hasta el trienio 1993-1995; luego, a partir de 1996-1998,

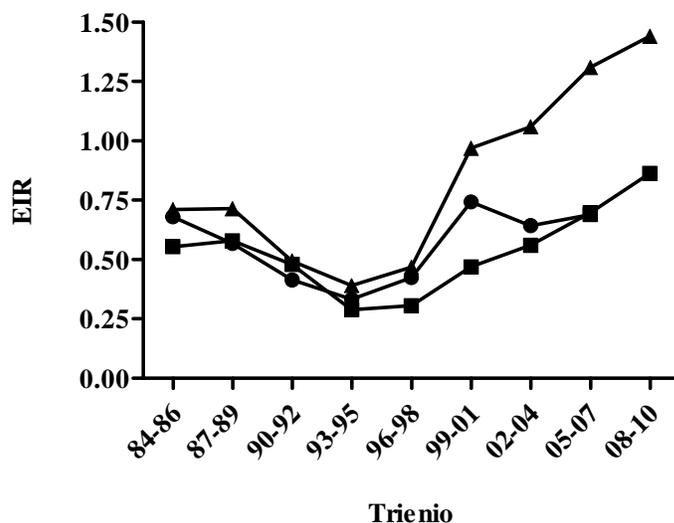
una tendencia decreciente se mantuvo hasta los últimos períodos evaluados. El cultivo de maíz, en más de la mitad de los años (1993-2010), mostró un mejor desempeño respecto a las otras alternativas evaluadas. Esto indica que el maíz fue el cultivo con mayor capacidad para aprovechar los recursos que ofreció el ecosistema de MJ.

El patrón encontrado, para las tres alternativas, se relaciona con el consumo de F efectuado (Figura 4.4), lo cual se explica por el hecho que los distintos cultivos fueron evaluados en el mismo sitio y, por lo tanto, tuvieron una oferta ambiental similar (determinada por R y N; Figuras 4.2 y 4.3). Sin embargo, la tendencia temporal obtenida indica que luego de que se obtuvo el máximo rendimiento emergético (1993-1995), se registró una caída que hizo que en 17 años (1993-2010) este rendimiento emergético se redujera a la mitad en las tres alternativas (i.e. se pasó de valores promedio de  $EYR=4$  a  $EYR=2$ ). Esta tendencia obtenida en la reducción del rendimiento emergético (i.e. de una mayor participación de la emergía comprada en el consumo total), estaría indicando un aspecto desfavorable y preocupante acerca del funcionamiento del ecosistema. Finalmente, se sugiere que durante todo el período estudiado el ecosistema de MJ funcionó como un proceso de transformación productor ( $EYR > 1$ ) a través de las tres alternativas evaluadas, direccionando los insumos provenientes de la economía para aprovechar los recursos naturales disponibles.

#### **Relación de Emergía Invertida (EIR)**

El EIR mide la relación entre el uso de emergía proveniente de la economía y la emergía de los recursos naturales. Durante los primeros trienios, los valores de EIR de las tres alternativas descendieron hasta 1993-1995 (Figura 4.9), luego, a partir de 1996-1998, éstos mostraron una tendencia creciente (excepto para soja de primera en los últimos dos trienios) hasta el último trienio examinado. Estos resultados indicarían que en los períodos iniciales, los ecosistemas tendieron a disminuir el consumo de emergía

externa en relación con la interna, y luego, se incrementó marcadamente el consumo de energía comprada con respecto a la interna, explicado por el aumento registrado en el consumo de F (Figura 4.4), que fue más que proporcional que la cantidad de energía capturada del ambiente.



**Figura 4.9. Relación de Energía Invertida (EIR) por cultivo y trienio, en soja de primera (círculo lleno), maíz (cuadrado lleno) y trigo/soja (triángulo lleno), en MJ.**

Dado que las tres alternativas estudiadas, como se dijo anteriormente, dispusieron de una oferta ambiental similar, el cultivo de maíz parece haber sido la alternativa con mayor habilidad de aprovechamiento de los recursos provenientes de la economía para así capturar energía del ambiente. El cultivo de soja de primera mostró un comportamiento intermedio entre las otras alternativas. En el caso de la secuencia trigo/soja, en los últimos trienios mostró una creciente dependencia de energía externa respecto a la interna, superando, a partir del año 2002, el valor de 1 (i.e. mayor consumo de energía externa respecto a la interna). Esto se relaciona con el mayor consumo de insumos comprados (F) que efectuaron los dos cultivos de la secuencia, en relación con soja de primera y maíz (figura 4.4). Lo analizado a partir de EIR indicó que las

alternativas evaluadas, durante todo el período analizado (1984-2010) (excepto para la secuencia trigo/soja a partir del año 2002 hasta 2010), fueron buenos aprovechadores de la energía invertida. Esto estaría indicando, junto a las disminuciones de EYR observadas, que el ecosistema si bien mostró una tendencia a no disminuir la eficiencia global (i.e. mantener los valores de Tr), esa eficiencia fue lograda con una mayor participación de insumos comprados, incluso en algunos casos (trigo/soja desde el trienio 1999) con una mayor proporción de energía externa respecto de la interna del ambiente local.

#### Indicador de Presión Ambiental (ELR)

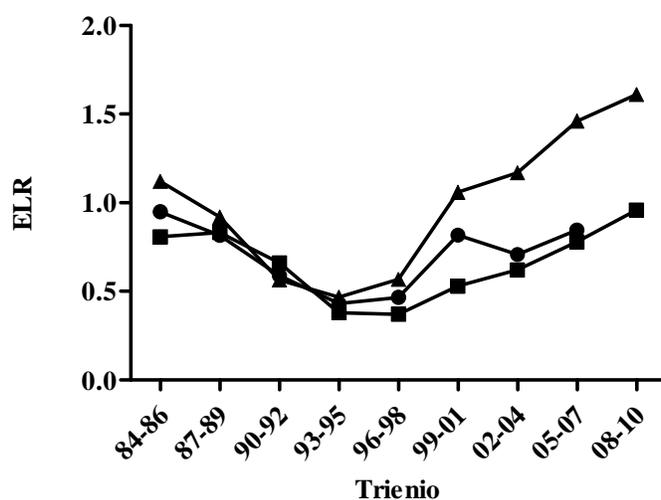


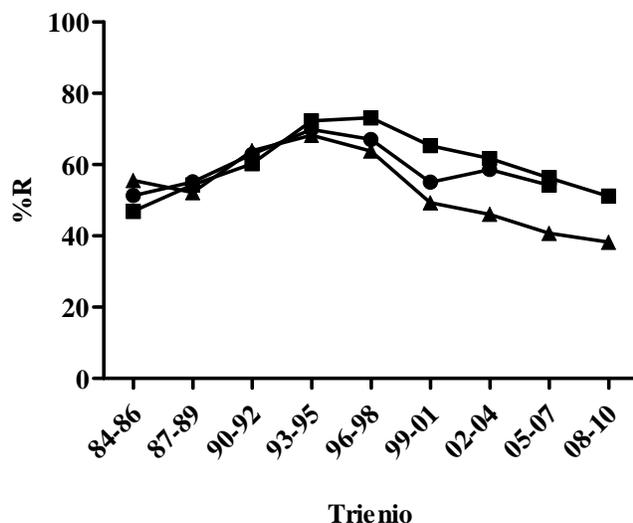
Figura 4.10. Indicador de Presión Ambiental (ELR) por cultivo y trienio, en soja de primera (círculo lleno), maíz (cuadrado lleno) y trigo/soja (triángulo lleno), en MJ.

El ELR relaciona la energía renovable y no renovable consumida, y es un indicador de la presión que el proceso productivo ejerce sobre el ambiente. Al igual que con el EIR (con quien comparte términos de la ecuación de cálculo), en las tres alternativas analizadas, el ELR mantuvo una tendencia decreciente hasta 1993-1995; a partir de 1996-1998 esta tendencia se vio invertida, alcanzando a superar los valores

iniciales (Figura 4.10). Esto indicaría que, a través de los años, el ecosistema experimentó una ligera disminución en la presión ejercida sobre el ambiente para luego comenzar a provocar un mayor estrés sobre el ecosistema.

La secuencia trigo/soja fue la alternativa que mayor presión ejerció sobre el ambiente (i.e. alcanzó los valores más altos) durante todo el período examinado. Esta fue la única alternativa que superó el valor de 1 (a partir de 1999-2001 hasta 2008-2010), es decir que a partir de ese trienio la fracción de emergía no renovable superó la renovable. Esto estaría reflejando el costo ambiental de utilizar más insumos (F), debido a que la mayoría de los insumos comprados en el subsistema económico provocan degradación ambiental durante su producción, uso y asimilación por parte del ambiente (Martin et al., 2006). El cultivo de soja de primera fue durante todo el período histórico evaluado intermedio con respecto a las otras alternativas evaluadas. Por otro lado, el maíz logró los valores más bajos a partir del trienio 1993-1995 hasta el último trienio evaluado, demostrando ser el cultivo que menor presión ejerció sobre el ambiente durante todo este período. Esto se relaciona directamente con el menor consumo de F en relación con los otros cultivos, a partir del trienio 1996-1998, que caracterizó al cultivo de maíz (Figura 4.4). La tendencia de la curva obtenida para las tres alternativas se vincula estrechamente con lo ocurrido en cuanto al consumo de F (Figura 4.4), así como a lo estimado para EYR y EIR. Esto sugeriría un aumento en el impacto generado en el ambiente del ecosistema agrícola de MJ a través de los años, como resultado de la intensificación de su proceso productivo, que podría afectar el desempeño biofísico del ecosistema.

#### **Renovabilidad (% R)**



**Figura 4.11. Renovabilidad (% R) por cultivo y trienio, en soja de primera (círculo lleno), maíz (cuadrado lleno) y trigo/soja (triángulo lleno), en MJ.**

A manera de complemento de lo indicado por el ELR (Figura 4.10), la fracción de energía renovable consumida (% R) no mostró diferencias importantes entre los distintos cultivos estudiados (Figura 4.11). De acuerdo a lo observado en la Figura 4.11, las tres alternativas estudiadas tuvieron un patrón similar respecto al consumo de energía renovable a través de los años. En los períodos iniciales, este valor fue aumentando en los tres casos para, a partir de 1996 y hasta el último período evaluado, decrecer. En promedio los cultivos del ecosistema agrícola de MJ mostraron que un 53% de los insumos y recursos consumidos son renovables. Sin embargo, lo estimado para las tres alternativas, a partir del trienio 1996-1998 en adelante, estaría indicando una tendencia creciente el consumo de energía no renovable, relacionada al mayor consumo de insumos comprados (F) (Figura 4.4). Cabe analizar que, a partir del trienio 1996-1998 hasta el último trienio evaluado, se detectaron algunas diferencias en las tendencias de la renovabilidad de cada cultivo del ecosistema agrícola de MJ: el cultivo de maíz mostró la mayor renovabilidad desde ese trienio hasta el último evaluado; el cultivo de soja de primera fue intermedio; y la secuencia trigo/soja mostró los menores

valores. Dado que la emergía renovable proveniente de la naturaleza (R) fue similar para las tres alternativas, esto estaría relacionado con el mayor consumo de F, por parte de la secuencia trigo/soja respecto a las otras alternativas, y del menor consumo por parte del cultivo de maíz.

#### Indicador Energético de Sustentabilidad (ESI)

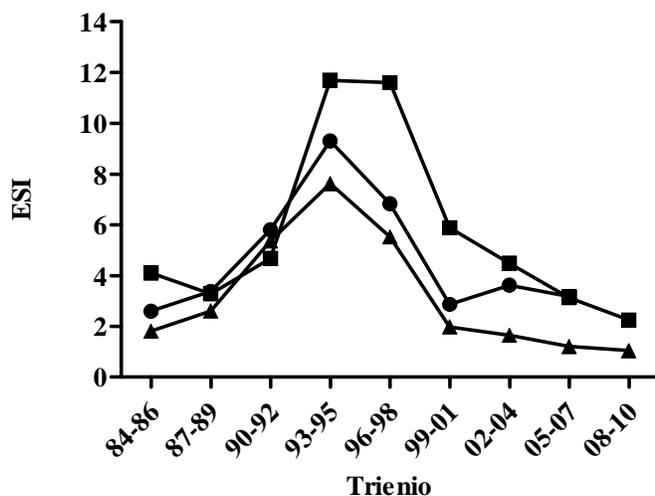


Figura 4.12. Indicador Energético de Sustentabilidad (ESI) por cultivo y trienio, en soja de primera (círculo lleno), maíz (cuadrado lleno) y trigo/soja (triángulo lleno), en MJ.

ESI es una medida agregada de la contribución potencial al sistema económico (EYR) por unidad de presión ejercida en el ambiente (ELR). Los tres casos evaluados durante todo el período de análisis (Figura 4.12), indican que se realizaron contribuciones netas a través de la producción generada por los cultivos sin producir grandes efectos sobre el ambiente (i.e. ESI mayores a 1). Este indicador, al combinar EYR y ELR, repitió la tendencia que estos mostraron (Figuras 4.9 y 4.10), revelando que desde comienzos del período analizado y hasta el trienio 1993-1995 las contribuciones fueron en aumento, para luego disminuir a través de una producción llevada a cabo con un mayor impacto ambiental y alcanzar entonces valores similares a

los iniciales. Desde 1984-1986 hasta 1990-1992 no hubo ninguna tendencia clara entre cultivos. A partir de 1993-1995 hasta el último trienio evaluado, las tres alternativas se diferenciaron entre ellas: la secuencia trigo/soja mostró los menores valores de ESI; el cultivo de soja de primera resultó intermedia; y el cultivo de maíz mostró el mejor desempeño, llegando a alcanzar valores de ESI cercanos a 12 desde 1993 hasta 1998. En los tres casos estas tendencias estarían relacionadas al diferente consumo de F llevado a cabo (Figura 4.4), tal como fue analizado anteriormente.

A partir de lo analizado hasta aquí puede afirmarse que hubo tres fases de cambio respecto al funcionamiento del ecosistema agrícola de MJ, durante el período histórico evaluado caracterizadas por:

-1984-1995: Aumento de la eficiencia, del retorno obtenido y de la sustentabilidad en general.

- 1996-2001: Luego de un pico de eficiencia, hubo una caída en los retornos, la eficiencia fue variable y la sustentabilidad disminuyó.

-2002-2010: Caída continúa en los retornos y en la sustentabilidad general, pero parecieran moderarse o incluso estabilizarse.

#### **Relación de Intercambio Emergético (EER)**

El EER es una medida del resultado del intercambio de emergía del ecosistema agrícola con el subsistema económico. En los tres casos estudiados durante todos los períodos, la emergía recibida como forma de pago al vender la producción al mercado económico externo fue menor que la emergía entregada a través de la producción (i.e. EER mayores a 1; Figura 4.13). Este resultado indica que el intercambio que realizó el ecosistema agrícola de MJ con el sistema económico resultó durante todo el período desfavorable. Particularmente a partir del trienio 1990-1992 y hasta el último trienio

analizado, el maíz resultó ser el cultivo cuyo intercambio con el sistema económico externo resultó más favorable, con respecto a los otros casos analizados. Cabe destacar que la tendencia de este indicador a través de los años fue decreciente, indicando que el resultado del intercambio fue cada vez más favorable para el ecosistema. Este aspecto es de suma importancia, dado que el objetivo principal del ecosistema agrícola es obtener un beneficio económico, y una tendencia positiva en este punto refuerza el cumplimiento de dicho objetivo. La tendencia general obtenida para EER tiene una cierta relación con las reformas que sufrió el sistema económico argentino y el internacional en las últimas décadas. En el caso de Argentina hubo un período de cierre de la economía a principios de los años ochenta que afectó la actividad agropecuaria, debido a una crisis económica y de balanza de pagos. Luego, en los '90 se produjo en el mundo un proceso de globalización económica, determinada por la apertura y liberalización de la economía, acompañada de la desregulación de las actividades productivas (Scheinkerman, 2010). Esto provocó importantes modificaciones a nivel local, tales como: mayor volumen y valor de las exportaciones, una mayor orientación exportadora y el cambio en los destinos de los productos (Scheinkerman, 2010). En el año 2002 se produjo una modificación que tuvo gran impacto en la economía argentina: se abandonó el sistema cambiario de convertibilidad, se devaluó la moneda local y mejoró la competitividad de las exportaciones. En el plano internacional, los precios de las materias primas comenzaron a aumentar a partir de principios del año 2006, debido en gran parte a un aumento creciente de la demanda de países asiáticos (China, y en menor medida India) (Kosacoff y Campanario, 2007). Estos hechos, en su conjunto, permitieron una mejora progresiva en los precios de los productos agrícolas a través de los años (Ferreyra, 2001; Scheinkerman, 2010), y ello se vio reflejado en el resultado del intercambio en términos energéticos con el sistema económico.

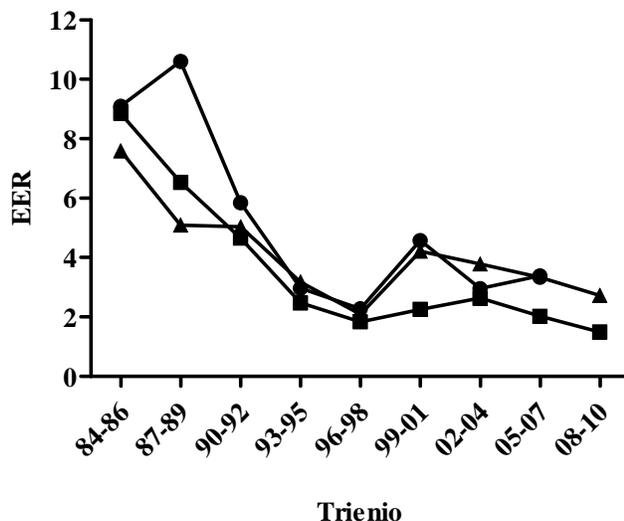


Figura 4.13. Relación de Intercambio Emergético (EER) por cultivo y trienio, en soja de primera (círculo lleno), maíz (cuadrado lleno) y trigo/soja (triángulo lleno), en MJ.

Los indicadores energéticos estimados en este capítulo permitieron inferir acerca de cómo varió el funcionamiento del ecosistema agrícola de MJ durante el período histórico evaluado, en los cultivos de soja de primera, maíz y la secuencia trigo/soja. En las tres alternativas estudiadas el consumo de insumos comprados disminuyó desde los períodos iniciales hasta mediados de la década de los '90, y a partir de ahí se mantuvo en aumento hasta los últimos períodos evaluados. Esto se relacionó con un reemplazo de los insumos consumidos que pasó de estar basado en las primeras etapas por combustible y maquinarias, a semillas, pesticidas y fertilizantes como principales insumos consumidos en los últimos trienios, y al alto costo emergético de las semillas transgénicas utilizadas. Cabe destacar que las tres alternativas mostraron aumentos en los rendimientos logrados a través de los años, replicando lo sucedido a nivel regional, también en este flujo. Durante todo el período histórico evaluado, en las tres alternativas evaluadas no se registraron aumentos en la emergía requerida por unidad de producto a través de los años evaluados. Más allá de que los patrones de eficiencia obtenidos

resultaron diferentes según cada cultivo: la eficiencia del cultivo de maíz se estabilizó luego de algunos años, en soja de primera fue disminuyendo, y la secuencia trigo/soja en mantuvo un patrón relativamente constante.

Dados los cambios tecnológicos que se fueron sucediendo, tales como la adopción del sistema de SD y de genética mejor adaptada, las tres alternativas evaluadas funcionaron siempre como procesos de transformación que direccionaron el consumo de insumos económicos para aprovechar los recursos de la naturaleza disponibles (R y N). Por otro lado, las alternativas estudiadas lograron durante todo el período estudiado beneficiarse a partir de la emergía externa invertida, a excepción de la secuencia trigo/soja desde el año 2002 hasta 2010. Sin embargo, al analizar el resultado del intercambio de emergía de emergía entre el ecosistema agrícola de MJ, y el subsistema económico, este resultó siempre desfavorable para el ecosistema de MJ. A pesar de ello, esta relación fue mejorando a través de los años por el hecho de que con el paso de los años se fue progresivamente percibiendo mayor emergía como retribución de la emergía entregada.

Con respecto al efecto que tuvo el proceso productivo sobre el ambiente, llevado a cabo a través de los distintos cultivos, este mantuvo una estrecha relación con el consumo de insumos económicos. En los últimos años, la presión ejercida sobre el ambiente fue relativamente similar a las correspondientes a los períodos iniciales. Es decir, se produjo mucho más a través de los años explicado por una intensificación de los procesos productivos, sin embargo los costos ambientales resultantes no parecen tan evidentes. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la tendencia de los últimos años se mantuvo en aumento, indicando que de continuar con el proceso de intensificación llevado a cabo, podría afectarse el funcionamiento biofísico del ecosistema.

## CAPITULO 5

### DISCUSIÓN GENERAL

#### **Evaluación emergética de tres ecosistemas agrícolas de la Región Pampeana**

Un patrón general que emerge de los resultados de esta tesis es que los sistemas de producción estudiados (ya sea a nivel de rotación agrícola o de cultivo individual) basan su funcionamiento, en una proporción levemente superior, en emergía que proviene del consumo de insumos no renovables provenientes de la economía respecto a la emergía de origen local y renovable, lo que podría comprometer su sustentabilidad en el tiempo. Este patrón no coincide con los resultados obtenidos por Rótolo et al. (2007) para ecosistemas ganaderos pampeanos y por Ferreyra (2001) para ecosistemas agrícolas pampeanos evaluados durante el período 1990-2000. A partir de los resultados obtenidos en este trabajo, puede inferirse también que el proceso productivo implementado en cada uno de ellos les permitió utilizar de manera relativamente eficiente (en términos de la emergía invertida por unidad de producto obtenido: transformidad) los recursos ofrecidos por la naturaleza. Finalmente, otro patrón destacable es la capacidad que mostraron los ecosistemas de capturar el doble de emergía de los recursos naturales locales a partir de la emergía que se agregó mediante los insumos económicos. Este resultado sugiere que el grado de intensificación bajo el cual estuvieron sujetos los ecosistemas agrícolas (i.e. uso de insumos externos) fue aprovechado de una manera parcialmente eficiente en la articulación de un sistema de producción que capturó más recursos del ambiente que los que se invirtieron en su estructuración y funcionamiento. A pesar de ello, y no menos importante dado que el objetivo mismo de un ecosistema agrícola es generar un beneficio económico, los

ecosistemas agrícolas estudiados resultaron desfavorecidos en términos de intercambio con el subsistema económico, debido a que cada uno de ellos entregó más emergía (en el producto cosechado) de la que se recibió en forma de pago.

La metodología utilizada permitió cuantificar el valor de la información incorporada en las semillas consumidas, así como también el correspondiente a la materia orgánica presente en los suelos. Esto representa una fortaleza de la síntesis emergética respecto a otros métodos, dado que estos flujos pueden implicar magnitudes de energía insignificante pero ser sostenidos por una gran cantidad de flujos de recursos indirectos (Brown y Ulgiati, 2004a; Ulgiati y Brown, 2009). Sin embargo, el análisis realizado indicó que la síntesis emergética parecería más adecuada para aplicarse en el análisis de producciones que presenten mayor variabilidad en la matriz de consumo de recursos e insumos que la abarcada por los sitios de estudio de este trabajo (e.g. sistemas agrícolas extensivos, contra sistemas ganaderos o de producción intensiva de carne). Cabe destacar que la mayoría de los estudios emergéticos realizados en ecosistemas agrícolas basaron su análisis en sistemas con características contrastantes (Cavalett et al., 2006; Lu et al., 2010; Martin et al., 2006; Ortega et al., 2005). Es de esperar que un análisis más abarcativo que cubra ecosistemas ubicados en un gradiente de variabilidad mayor (tanto ambiental como de manejo), permitirá aumentar la eficiencia de detección de la metodología. En estos gradientes, existe la posibilidad de detectar patrones específicos de uso de los recursos que sean contrastantes en términos de eficiencia emergética, uso de insumos comprados o eventualmente la intensidad de uso de los recursos naturales.

Una manera ilustrativa de contextualizar los resultados y patrones obtenidos en esta tesis sería su comparación con resultados publicados de trabajos relacionados. De esta manera puede profundizar el análisis sobre las implicancias de los valores

alcanzados por los indicadores emergéticos obtenidos. En este capítulo final, a manera de síntesis, se realizó una comparación con diversos trabajos que evalúan, a través de la síntesis emergética, ecosistemas agrícolas de características disímiles alrededor del mundo (Tabla 5.1). Los ecosistemas están basados en producción de maíz, trigo y soja en Brasil; soja orgánica en Brasil; producción agrícola en la Región Pampeana Argentina (RPA) en el año 1996; ganado pastoril de la (RPA) en el año 2002; producción de maíz en Kansas (E.E.U.U); policultura en la Selva Lacandona de México; producción de arroz y trigo en China; y producción de banana en las Antillas Francesas. Al comparar los resultados de los ecosistemas agrícolas de MJ, PG y MC con las evaluaciones emergéticas reportadas en la bibliografía (Tabla 5.1), se distinguió la alta eficiencia de conversión de la emergía usada en energía obtenida de MC, MJ y PG (i.e. bajos valores de  $Tr$  y valores de EYR sensiblemente mayores a 1). Por otro lado, su funcionamiento resultó opuesto al de ecosistemas agrícolas más intensificados, como lo son el maíz, el trigo y la soja en Brasil, el maíz en Kansas, el arroz en China y el cultivo de banana en las Antillas Francesas, que se caracterizan por su simplificación y alta complejidad tecnológica (Tabla 5.1). En función de lo anteriormente planteado, se desprende la necesidad de conservar los ecosistemas agrícolas pampeanos funcionando primordialmente en base a los flujos ambientales y no a partir del agregado de insumos externos provenientes del sistema económico. De este modo se podrían mantener los ciclos, la diversidad y las redes existentes en los ecosistemas, que determinan un grado complejidad suficiente para sostener dicho funcionamiento en el tiempo, es decir, ser sustentables (Constanza y Patten, 1995; Pope et al., 2004; Manuel Navarrete et al., 2005).

**Tabla 5.1. Indicadores emergéticos de los ecosistemas agrícolas estudiados y aquellos extraídos de la bibliografía. Al costado del valor correspondiente a cada indicador, se adjunto una columna donde está la posición relativa de cada evaluación respecto a las otras, donde 1 indica el mejor desempeño según cada indicador, y a medida que aumenta de 1, el desempeño va desmejorando.**

Cultivo	Sitio	Fuente	Indicador													
			Tr	EYR	EIR	ELR	ESI	EER	%R							
Maíz-Trigo/Soja	PG	Este trabajo	29326	2	2.19	5	1.01	4	1.19	4	2.45	4	1.89	3	48	3
Maíz-Trigo/Soja	MJ	Este trabajo	24985	1	2.00	7	1.15	5	1.28	6	1.90	6	1.92	4	46	5
Maíz-Trigo/Soja	MC	Este trabajo	32139	3	2.05	6	1.16	6	1.25	5	2.13	5	1.84	2	47	4
Maíz, Trigo, Soja	Brasil	Cavalet et al., 2006	277000	9	1.37	8	2.68	7	3.41	8	sd		12.7	8	23	6
Maíz	Kansas	Martin et al, 2006	93000	4	1.07	11	Sd		18.8	11	0.06	9	sd		5	7
Soja Orgánica	Brasil	Ortega et al., 2005	248210	7	3.24	3	0.45	2	0.45	2	7.2	2	6.62	7	69	2
Trigo	China	Dong et al., 2008	132000	5	1.32	9	Sd		3.47	9	0.38	9	sd		22	7
Policultura	S.Lacandona	Martin et al, 2006	1370000	10	12.2	1	Sd		0.1	1	116	1	sd		91	1
Arroz	China	Lu et al., 2010	139000	6	1.15	10	Sd		0.62	4	1.83	7	2.15	5	sd	
Banana	A.Francesas	Barros et al., 2009	274000	8	1.06	12	16.9	8	17.1	10	0.06	10	0.51	1	5	8
Ganadería	RPA-2002	Rótoló et al., 2007	sd		3.73	2	0.37	1	0.55	3	6.8	3	4.10	6	sd	
Agricultura	RPA-1996	Ferreyra, 2001	sd		2.99	4	0.5	3	2.27	7	1.32	8	sd		sd	

Tr (transformidad, expresada en seJ/J); EYR (relación de rendimiento emergético); EIR (relación de emergía invertida); ELR (relación de presión ambiental); ESI (indicador emergético de sustentabilidad); EER (relación de intercambio emergético); %R (renovabilidad, expresada en %); sd (sin dato).

## **Evaluación histórica del uso de emergía en un ecosistema agrícola de la Región Pampeana**

A diferencia del estudio basado en el desempeño de la rotación analizada en los tres ecosistemas agrícolas (MJ, PG y MC); la evaluación histórica (período 1984-2010) llevada a cabo sobre el ecosistema agrícola de MJ permitió determinar modificaciones en el desempeño biofísico y económico en términos emergéticos a través de los años. La ampliación de la ventana temporal de análisis, permitió incluir cambios tecnológicos relacionados a los procesos de intensificación productiva (Satorre, 2005; Viglizzo et al., 2002) y de esta manera generar un gradiente de estudio más amplio, a partir del cual se facilitó la detección de diferencias o tendencias en términos de consumo emergético. A modo de patrón general (con independencia del cultivo estudiado) los resultados obtenidos muestran un primer período de tiempo (1984-1995), durante el cual se comprobaron aumentos en 1) la eficiencia en el uso de la emergía para la producción de grano (i.e. menor transformidad); 2) el retorno obtenido por el uso de la emergía comprada (i.e. mayor EYR) y 3) la sustentabilidad general (medida con el indicador ESI). La fase siguiente (1996-2001) se caracterizó por 1) una caída en el retorno emergético (i.e. menor EYR), 2) la variabilidad en la eficiencia lograda (i.e. transformidad) y 3) una caída de la sustentabilidad en general (i.e. menor ESI), dado que el flujo de insumos comprados (F) creció más que proporcionalmente respecto a los recursos provenientes de la naturaleza (I). La última fase (2002-2010) se caracterizó por 1) caída continua en los retornos (i.e. menor EYR), 2) una caída en la sustentabilidad general (i.e. menor ESI), pero ambas tendencias parecieran moderarse o incluso estabilizarse. La tendencia obtenida en la caída de los retornos y de la sustentabilidad general, coincide con los resultados aportados por Ferreyra (2001), especialmente durante el período que la autora denomina de "intensificación" (1990-2000). La

explicación de estos patrones podría estar dada por la adopción progresiva de tecnologías que permitieron un mayor aprovechamiento de los recursos propios del ecosistema. A partir del análisis llevado a cabo en esta tesis, pudo determinarse que el aumento en el consumo de insumos comprados estuvo directamente relacionado con el alto costo en términos energéticos de la genética transgénica utilizada (Ortega et al., 2002b). Ferreyra (2001) y Viglizzo et al. (2010) también destacaron a la SD como una adopción de tecnología sustentable para la producción agrícola pampeana, al disminuir la presión ejercida por el ambiente mediante el proceso productivo. Paralelamente a esto, pudo detectarse que la transformidad aumentó a través de los años en los cultivos analizados. Cabe destacar que a pesar de que la producción aumentó de forma neta a través de los años, los costos ambientales resultantes no parecieron aumentar de la misma forma. Sin embargo, de acuerdo a lo mostrado por los indicadores energéticos, de mantenerse la tendencia observada en los últimos años, el desempeño biofísico del ecosistema agrícola de MJ se vería comprometido. A partir del análisis histórico llevado a cabo, puede inferirse que los cambios detectados en el estudio replicaron en gran medida lo ocurrido a nivel regional en cuanto a la adopción de tecnologías. Por lo tanto, si bien los resultados obtenidos son de un ecosistema agrícola en particular, permiten extender lo estimado a la situación de otros ecosistemas de la RPA con características similares.

En base a los resultados obtenidos en el análisis histórico del ecosistema agrícola de MJ, puede realizarse una analogía con un estudio que analiza la evolución histórica (1980-2000) de la agricultura china (Chen et al., 2006) en un período de transición de la agricultura para autoconsumo tradicional a una intensiva modernizada con alta inversión económica. En el estudio llevado a cabo por Chen et al. (2006) se detectó un aumento en el consumo de insumos comprados a través de los años, con implicancias

desfavorables sobre el funcionamiento del sistema. El sistema pasó a depender de una mayor proporción de energía externa, el retorno fue disminuyendo a través de los años, así como también la sustentabilidad general del sistema. En los ecosistemas agrícolas de China, no se registraron adopciones de tecnología que implicaran cambios marcados en los patrones, como lo fue la SD en el caso de los ecosistemas agrícolas pampeanos. Sin embargo, en base a lo analizado hasta aquí se sugiere que en términos generales la agricultura china mostró frente a un proceso de intensificación productiva un patrón similar al encontrado en la tercera fase (2001-2010) en el ecosistema de MJ.

Cabe aclarar que en este estudio no se tuvieron en cuenta las externalidades negativas relacionadas al proceso de intensificación productiva que se llevó a cabo en la RPA, como por ejemplo: contaminación de agua por pesticidas (Viglizzo et al. 2003), pérdidas en la biodiversidad (Poggio et al., 2010) y en algunos servicios ecosistémicos provistos por estos ecosistemas (Gavier-Pizarro et al., 2011; Viglizzo et al., 2011a; Barral y Maceira, 2011), que podrían convertirse en aspectos críticos del funcionamiento de estos. Sería de gran importancia profundizar el estudio sobre estos aspectos para complementar el análisis de la sustentabilidad de los ecosistemas agrícolas, dado que la provisión de beneficios económicos tangibles subestima la pérdida de beneficios que son intangibles para la percepción humana. Teniendo en cuenta que la incorporación de tecnología, ha sido aplicada con el objetivo de maximizar el beneficio económico, y no para neutralizar los impactos ecológicos negativos de la expansión de la agricultura (Carreño et al., 2011; Viglizzo et al., 2011 a, b). La perspectiva de paisaje también debería ser tenida en cuenta a la hora de establecer futuras estrategias sobre el uso de la tierra en la producción agrícola, cuyo entendimiento es fundamental al momento de aplicar decisiones de manejo que puedan afectar la provisión de servicios ecosistémicos (Lattera et al., 2011).

El trabajo a futuro debería continuar con la evaluación realizada en este estudio, comparando la eficiencia en la utilización temporal de los recursos del ecosistema entre las alternativas estudiadas (i.e. maíz y soja de primera -un cultivo por año- y trigo/soja -dos cultivos por año). Este tipo de análisis podría ampliarse incorporando sistemas de cultivo que difieran de los estudiados, en cuanto a los cultivos y a las secuencias de cultivo implementados, que sean representativos de otras zonas productivas agrícolas de la RPA. Otro aspecto que debiera ser analizado, desde la perspectiva emergética, siguiendo con la línea de estudio de la sustentabilidad de los ecosistemas agrícolas, es la factibilidad de hacer agricultura para producir energía (biocombustibles). Este tipo de análisis han sido abordados en otros países desde la síntesis emergética (Liao et al., 2011; Takahashi y Ortega, 2010; Yang et al., 2011). Dado el creciente interés de esta actividad en nuestro país debido a una creciente demanda internacional y al establecimiento de un marco regulatorio para el sector (Chidiak y Stanley, 2009), sería aconsejable evaluar cuál es la eficiencia en el consumo de recursos e insumos que este tipo de actividad conlleva, y su consecuente efecto sobre el ambiente.

## Bibliografía

AACREA, 2011. Disponible en:

<http://www.redcrea.org.ar/aacrea/site/PortalInstitucional-internet/Institucional/> Verificado 05/06/2011

Agostinho, F., Diniz, G., Siche, R., Ortega, E., 2008. The use of emergy assessment and Geographical Information System in the Diagnosis of small family farms in Brazil. *Ecological Modelling* 210, 37-57.

Álvarez, C., 2005. Métodos de Labranza. *Ciencia Hoy* 15, 19.

Álvarez, R. Grigera, S., 2005. Analysis of soil fertility and management effects on yields of wheat and corn in the Rolling Pampa of Argentina. *Journal of Agronomy & Crop Science* 191, 321-329.

Arshad, M.A., Martin, S., 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 88, 153-160.

Ayres, R.U., 2004. On the life cycle metaphor: where ecology and economics diverge. *Ecological Economics* 48, 425-438.

Bakshi, B.R., 2002. A thermodynamic framework for ecologically conscious process systems engineering. *Computers and Chemical Engineering* 26, 269-282.

Barral, M. P., Maceira, N.O., 2011. Land-use planning based on ecosystem service assessment: A case study in the Southeast Pampas of Argentina. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, doi:10.1016/j.agee.2011.07.010.

Barros, I., Blazy, J.M., Stachetti Rodriguez, G., Tournebize, R., 2009. Emergy evaluation and economic performance of banana cropping systems in

Guadeloupe (French West Indies). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 129, 437-449.

Barsky, A., Podestá, G., Ruiz Toranzo, F., 2008. Percepción de variabilidad climática, uso de información y estrategias de los agentes frente al riesgo. Análisis de esquemas decisionales en agricultores de la región pampeana argentina. *Mundo Agrario* 8, 16. Centro de Estudios Histórico Rurales. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata.

Bartolomé, M.; Caputo, M. G.; Celis, A.; Herzer, H.; Rodríguez, C., 2004. El clima y otros factores de riesgo en la pampa húmeda argentina, *Realidad Económica* 202, pp. 88-107, Ed. Inst. Argentino para el Desarrollo Económico, Buenos Aires, Argentina

Bastianoni, S., Marchettini, N., 2000. The problem of co-production in environmental accounting by emergy analysis. *Ecological Modelling* 129, 187-193.

Bert, F.E., 2007. Evaluación de oportunidades e impedimentos para el uso de información climática en sistemas agrícolas pampeanos. Tesis para obtener el título de Doctor en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.

Bolsa de Cereales, Precios Históricos, 2010. Disponible en: <http://www.bcr.com.ar/Pages/Granos/Historicos/default.aspx> Verificado 05/06/2011

Bragachini, M., 2007. 7° Curso Internacional de Agricultura de Precisión. Resúmenes de trabajos presentados. INTA Manfredi, Manfredi. Pcia de Córdoba. Ediciones INTA.

- Bragachini, M., 2010. Disponible en:  
[http://www.agriculturadeprecision.org/9noCursoAgPrec/Libro/01-Rol\\_Red\\_Agricultura\\_De\\_Precision-Bragachini.pdf](http://www.agriculturadeprecision.org/9noCursoAgPrec/Libro/01-Rol_Red_Agricultura_De_Precision-Bragachini.pdf) Verificado 13/10/2010
- Brandt-Williams, S.L., 2002. Handbook of emergy evaluation. A compendium of data for Emergy Computation Issued in a series of Folios. Folio 4. Emergy of Florida Agriculture. Center por Environmental Policy. Environmental engineering Science. University of Florida, Gainesville.
- Brown, M.T., Herendeen, R.A., 1996. Embodied energy analysis and EMERGY analysis: a comparative view. *Ecological Economics* 19, 219-235.
- Brown, M.T., Bardi, E., 2001. Handbook of emergy evaluation. A compendium of data for Emergy Computation Issued in a series of Folios. Folio 3. Emergy Ecosystem. Center por Environmental Policy. Environmental engineering Science. University of Florida, Gainesville.
- Brown, M.T., Ulgiati, S., 2004a. Emergy Analysis and Environmental Accounting. *Eyclopedia of Energy*, Volume 2. Elsevier Inc.
- Brown, M.T., Ulgiati, S., 2004b. Energy quality, emergy, and transformity: H.T. Odum's contributions to quantifying and understanding systems. *Ecological Modelling* 178, 201-213.
- Burachik, M., 2010. Experience from use of GMOs in Argentinian agriculture, economy and environmentt. *New Biotechnology*, doi:10.1016/j.nbt.2010.05.011
- Cabrini, S.M., Calcaterra, C.P., Portillo, J., 2010. Disponible en :  
[http://www.inta.gov.ar/pergamino/info/documentos/2011/Estado\\_y\\_uso\\_del\\_suelo\\_Pergamino\\_INTA\\_2010.pdf](http://www.inta.gov.ar/pergamino/info/documentos/2011/Estado_y_uso_del_suelo_Pergamino_INTA_2010.pdf) Verificado: 01/06/2011

- Campbell, D.E., 2001. Using energy systems theory to define, measure, and interpret ecological integrity and ecosystem health. *Ecosystem health* 6, 181-204.
- Carreño, L., Franck, F.C., Viglizzo, E.F., 2011. Tradeoffs between economic and ecosystem services in Argentina during 50 years of land-use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, doi:10.1016/j.agee.2011.05.019.
- Castoldi, N., Bechini, L., 2010. Integrated sustainability assessment of cropping systems with agro-ecological and economic indicators in northern Italy. *Europ. J. Agronomy* 32, 59-72.
- Cavalett, O., Ferraz de Queiroz, J., Ortega, E., 2006. Emergy assessment of integrated production systems of grains, pig and fish in small farms in the South Brazil. *Ecological Modelling* 193, 205-224.
- Cavalett, O., Ortega, E., 2009. Emergy, nutrients balance, and economic assessment of soybean production and industrialization in Brazil. *Journal of Cleaner Production* 17, 762-771.
- Cavalett, O., Ortega, E., 2010. Integrated environmental assessment of biodiesel production from soybean in Brazil. *Journal of Cleaner Production* 18, 55-70.
- Chen, G.Q., Jiang, M.M., Chen, B., Yang, Z.F., Lin, C., 2006. Emergy analysis of Chinese agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 115, 161-173.
- Chidiak, M., Stanley, L., 2009. "Tablero de comando" para la promoción de los biocombustibles en Argentina. Colección Documentos de Proyecto, CEPAL, Santiago de Chile.
- Cleveland, C.J., Kaufmann, R.K., Stern, D.I., 2000. Aggregation and the role of energy in economy. *Ecological Economics* 32, 301-307.

- Codromaz, A.E., Saluso, J.H., 1993. Probabilidad de ocurrencia del factor R de la ecuación universal de pérdida de suelo. *Revista de la Asociación Argentina de Suelo* 10-11, 42-44.
- Constanza, C., Patten, B.C., 1995. Defining and predicting sustainability. *Ecological Economics* 15, 193–196.
- Cornelissen, R.L., 1997. Thermodynamics and sustainable development. Ph. D. Thesis, University of Twente, The Netherlands.
- Cuadra, M., Rydberg, T., 2006. Emergy evaluation on the production, processing and export of coffee in Nicaragua. *Ecological Modelling* 196, 421-433.
- Daly, H., Cobb, J., 1989. *For the Common Good*. Beacon Press, Boston.
- De la Fuente, E.B., Suárez, S.A., 2008. Problemas ambientales asociados a la actividad humana: la agricultura. *Ecología Austral* 18, 239-252.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2010. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar2010>.
- Díaz-Zorita, M., 2005. Cambios en el uso de pesticidas y fertilizantes. *Ciencia Hoy* 15, 28-29.
- Dietz, S., Neumayer, E., 2007. Weak and strong sustainability in the SEEA: Concepts and measurement. *Ecological economics* 61, 617-626.
- Dong, X., Ulgiati, S., Maochao, Y., Zhang, X., Gao, W., 2008. Energy and eMerger evaluation of bioethanol production from wheat in Henan Province, China. *Energy Policy* 36: 3882-3892.

- Egoh, B., Reyers, B., Rouget, M., Richardson, D.M., Le Maitre, D.C., van Jaarsveld, A.S., 2008. Mapping ecosystem services for planning and management. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 127, 135.
- Estación Meteorológica, INTA Marcos Juárez, 2010. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/MJUAREZ/info/meteor.htm> Verificado 26/03/2010
- Estación Meteorológica, INTA Pergamino, 2010. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/pergamino/info/meteor.htm> Verificado 26/03/2010
- Ferraro, D.O., 2003. Energy cost/use in pesticide production. *Encyclopedia of Pest Management*, D. Pimentel (ed.). Marcel Dekker, Inc. New York.
- Ferraro, D.O., Ghersa, C.M., Sznaider, G.A., 2003. Evaluation of environmental impact indicators using fuzzy logic to assess the mixed cropping systems of the Inland Pampa, Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 96, 1-18.
- Ferreira, M.C., 2001. Emergy perspectives on the argentine economy and food production systems of the rolling pampas during the twentieth century. Thesis presented to the graduate school of the University of Florida in Partial Fulfillment of the requirements for the degree of master of science. University of Florida.
- Ferreira, M.C., 2006. Emergy analysis of one century of agricultural production in the Rolling Pampas of Argentina. *Int. J. Agricultural Resources Governances and Ecology*, 5 (2-3), 185-205.
- Flores, C.C., Sarandon, S.J., 2003. ¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? El ejemplo del costo oculto de la pérdida de fertilidad del suelo durante el proceso de Agriculturización en la Región Pampeana Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 105(1).

- Foster, C., Green, K., Bleda, M., Dewick, P., Evans, B., Flynn, A., Mylan, J., 2006. Environmental impacts of food production and consumption. A report produced for the Department for Environment, Food and Rural Affairs
- Franzese, P.P., Rydberg, T., Russo, G. F., Ulgiati, S., 2009. Sustainable biomass production: A comparison between Gross Energy Requirement and Emergy Synthesis methods. *Ecological Indicators* 9, 959-970.
- Gallacher, M., 1995. The management factor in developing-country agriculture: Argentina. *Agricultural Systems* 47, 25-38.
- Gavier- Pizarro, G.I., Calamari, N.C., Thompson, J.J., Cavanelli, S.B., Solari, L.M., Decarre, J., Goijman, A.P., Suárez R.P., Bernardos, J.N., Zaccagnini, M.E., 2011. Expansion and intensification of row crop agriculture in the Pampas and Espinal of Argentina can reduce ecosystem service provision by changing avian density. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, doi:10.1016/j.agee.2011.08.013.
- Ghida Daza, C., Sánchez, C., 2009. Zonas Agroeconómicas Homogéneas: Córdoba. Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales N°10. Ediciones INTA.
- Giampietro, M., Cerretelli, G., Pimentel, D., 1992. Energy analysis of agricultural ecosystem management: human return and sustainability. *Agric. Ecosys. Environ.* 38, 212-244.
- Giampietro, M., Pimentel, D., 1994. Energy utilization. *Encyclopedia of Agricultural Science*, Volume 2, Academic Press.

- Grimm, A.M., Barros, V.R., Doyle, M.E., 2000. Climate Variability in Southern South America Associated with El Niño and La Niña events. *American Meteorological Society*. 13, 35-58.
- Grossi Gallegos, H., Spreafichi, M.I., 2008. Análisis de tendencias de heliofanía efectiva en Argentina. *Meteorológica*, 32 ,33 (1.2) , 5-17.
- Hall, A.J., Rebella, C.M., Ghersa, C.M., Culot, J.Ph., 1992. In: Field crop systems of the Pampas. Pearson, C.J. (ed.) *Field Crop Ecosystems*. Elsevier, Amsterdam, 413-450.
- Hansen, J.W., 1996. Is agricultural sustainability a useful concept? *Agricultural Systems* 50, 117.
- Hau, J.L., Bakshi, B.R., 2004. Promise and problems of emergy analysis. *Ecological Modelling* 178, 215-225.
- Herendeen, R.A., 2004. Energy analysis and EMERGY analysis-a comparison. *Ecological Modelling* 178, 227-237.
- Hill, J., Nelson, E., Tilman, D., Polasky, S., Tiffany, D., 2006. Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. *PNAS* 103: 11206-11210.
- Hulsbergen, K.J., Feil, B., Biermann, S., Rathke, G.-W., Kalk, W.-D., Diepenbrock, W., 2001. A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 86, 303-321.
- Ingwersen, W.M., 2010. Uncertainty characterization for emergy values. *Ecological Modelling* 221.445-452.

- INTA, 1972. Carta de Suelos de la República Argentina. Hoja 3360-32 Pergamino.
- INTA, 1978. Carta de Suelos de la República Argentina. Hoja 3363-17 Marcos Juárez.
- INTA, 1987. Carta de Suelos de la República Argentina. Hoja 3163-26 Villa del Rosario.
- Irurtia, C.B., Cruzate, G., 2011. Aplicación de la Ecuación Universal de Predicción de Pérdida de Suelos en la Provincia de Buenos Aires. INTA Castelar. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/suelos/info/documentos/informes/USLE%20PBA.pdf> Verificado 03/10/2010
- Izquierdo, A.E., Grau, H.R., 2009. Agriculture adjustment, land-use transition and protected areas in Northwestern Argentina. *Journal of Environmental Management* 90, 858-865.
- Jiang, M.M., Chen, B., Zhou, J.B., Tao, F.R., Li, Z., Yang, Z.F., Chen, J.Q., 2007. Energy account for biomass resource exploitation by agriculture in China. *Energy Policy*, 35, 4704-4719.
- Jørgensen, S. E., Fath., B. D., 2004. Application of thermodynamic principles in ecology. *Ecological Complexity* 1, 267-280.
- Kosacoff, B., Campanario, S., 2007. La revalorización de las materias primas y sus efectos en América Latina. Colección Documentos de Proyecto, CEPAL, Santiago de Chile.
- Koroneos, C., Spachos, T., Moussiopoulos, N., 2003. Exergy analysis of renewable energy sources. *Renewable Energy* 28, 295-310.

- Kremen, C., 2005. Managing Ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecology Letters* 8, 468-479.
- Laterra, P., Orué, M. E., Booman, G.C., 2011. Spatial complexity and ecosystem services in rural landscapes. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, doi:10.1016/j.agee.2011.05.013.
- Lefroy, E., Rydberg, T., 2003. Emergy evaluation of three cropping systems in southwestern Australia. *Ecological Modelling* 161, 195-211.
- Lems, S., Kooi, H.J.v.d., Arons, J.d.S., 2002. The sustainability of resource utilization. *Green Chemistry* 4, 308-313.
- Liao, W., Heijungs, R., Huppes, G., 2011. Is bioethanol a sustainable energy source? An energy-, exergy-, and emergy-based thermodynamic system analysis. *Renewable Energy* 36, 3479-3487.
- Lomas, P.L., Di Donato, M., Ulgiati, S., 2007. La síntesis emergética: una valoración de los servicios de los ecosistemas con base termodinámica. *Ecosistemas* 16(3), 37-25.
- Lu, H., Bai, Y., Ren, H., Campbell, D.E., 2010. Integrated emergy, energy and economic evaluation of rice and vegetable production systems in alluvial paddy fields,: Implications for agricultural policy in China. *Journal of Environmental Management* 91, 2727-2735.
- Luck,G.W., Daily,G.C., Ehrlich, P.R., 2003. Population diversity and ecosystem services. *Trends in Ecology and Evolution* 18(7), 331-36.
- Manlay, R.J., Feller, C., Swift, M.J., 2007. Historical evolution of soil organic matter concepts and their relationships with the fertility and sustainability of cropping systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 119, 217-233.

- Manuel-Navarrete, D., Gallopín, G., Blanco, M., Diaz-Zorita, M., Ferraro, D.O., Herzer, H., Laterra, P., Morello, J., Murmis, M.R., Pengue, W., Piñeiro, M., Podestá, G., Satorre, E.H., Torrent, M., Torres, F., Viglizzo, E., Caputo, M.G., Celis, A., 2005. Systems analysis of agriculturization in the Argentine wet Pampas and its surrounding regions: sustainability, knowledge gaps, and policy integration. Serie Medio Ambiente y Desarrollo 118, CEPAL, Santiago: ECLAC, p. 63.
- Manuel-Navarrete, D., Gallopín, G., Blanco, M., Diaz-Zorita, M., Ferraro, D.O., Herzer, H., Laterra, P., Murmis, M.R., M., Podestá, G., Rabinovich, J., Satorre, E.H., Torrent, M., Torres, F., Viglizzo, E., 2009. Multi-causal and integrated assessment of sustainability: the case of agriculturization in the Argentine Pampas. *Environment, Development and Sustainability* 11, 612-638
- Odum, H.T., 1983. *Systems Ecology*. Wiley, New York.
- Margalef, R., 1970. *Perspectives in Ecological Theory*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Márgenes Agropecuarios, 2009. *Reseña Estadística*. Enero 2009.
- Martin, J.F., Diemont, S.A.W., Powell, E., Stanton, M., Levy-Tacher, S., 2006. Emergy evaluation of the performance and sustainability of three agricultural systems with different scales and management. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 115, 128-140.
- Medrano, H, Flexas, J., 2003. Fotorrespiración y mecanismos de concentración del dióxido de carbono. Pp. 187-201 en Azcón- Bieto, J., Talón, M. (coord.) *Fundamentos de fisiología vegetal*. Edición Universitat de Barcelona, Barcelona.

- Odum, H.T., 1983. *Systems Ecology*. Willey, New York.
- Odum, H.T., 1994. *Ecological and General Systems: An Introduction to Systems Ecology*. Univ. Press of Colorado, Niwot. Revised edition of *Systems Ecology*, 1983, Wiley, New York.
- Odum, H.T., 1996. *Environmental Accounting. Emergy and Environmental Decision Making*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Odum, H.T., Brown, M.T., Brandt-Williams S.L., 2000. *Handbook of Emergy Evaluation. Folio 1: Introduction and Global Budget*. Center of Environmental Policy, University of Florida, Gainesville
- Odum, H., 2000. Folio# 2, *Emergy of Global Processes*. *Handbook of Emergy Evaluation*. Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville 30.
- Ortega, E., Anami, M.H., Diniz, G., 2002a. Certification of food products using emergy analysis. In: proceeding of III International workshop advances in energy studies, Portovenere, Italy, pp.227-237.
- Ortega, E., Miller, M., Anami, M.H., Ccopa, E., Beskow, P.R., Margarido, L.A., Guimarães, A.K., 2002b. Manual de Cálculo. Disponible en: <http://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/manual.htm> Verificado: 03/06/2011
- Ortega, E., Cavalett, O., Bonifácio, R., Watanabe, M., 2005. Brazilian Soybean Production: Emergy Analysis With an Expanded Scope. *Bulletin of Science, Technology & Society*. 25 (4), 323-334.
- Paruelo, J.M. y Sala, O.E., 1993. Effect of global change on maize al production in the Argentinean Pampas. *Climate Resesarch* 3, 161-167.

- Peretti, M.A., 1984. Análisis del costo beneficio en los cultivos de verano maíz, sorgo granífero y soja. Hoja Informativa N° 124. EEA INTA Marcos Juárez.
- Peretti, M.A., 1985. Análisis del costo beneficio en los cultivos de verano. Hoja Informativa N° 136. EEA INTA Marcos Juárez.
- Peretti, M.A., 1986. Análisis del costo beneficio en el cultivo de trigo. Hoja Informativa N° 142. EEA INTA Marcos Juárez.
- Peretti, M.A., 1987. Análisis del costo beneficio en los cultivos de verano. Hoja Informativa N° 158. EEA INTA Marcos Juárez.
- Peretti, M.A., 1988. Análisis del costo beneficio en los cultivos de verano. Hoja Informativa N° 171. EEA INTA Marcos Juárez.
- Peretti, M.A., 1989. Análisis del costo beneficio en los cultivos de verano. Hoja Informativa N° 182. EEA INTA Marcos Juárez.
- Peretti, M.A., 1990. Análisis del costo beneficio en los cultivos de verano. Hoja Informativa N° 192. EEA INTA Marcos Juárez.
- Peretti, M.A., 1991. Análisis del costo beneficio en los cultivos de verano. Hoja Informativa N° 196. EEA INTA Marcos Juárez.
- Peretti, M.A., 1992. Análisis del costo beneficio en el cultivo de trigo. Hoja Informativa N° 212. EEA INTA Marcos Juárez.
- Peretti, M.A., 1993. Análisis del costo beneficio del cultivo de trigo. Hoja Informativa N° 239. EEA INTA Marcos Juárez.
- Peretti, M.A., 1994. Análisis del costo beneficio en cultivos de verano. Hoja Informativa N° 275. EEA INTA Marcos Juárez.

- Peretti, M.A., 1995. Análisis del costo beneficio en cultivos de verano. Hoja Informativa N° 291. EEA INTA Marcos Juárez.
- Peretti, M.A., 1996. Análisis del costo beneficio en cultivos de verano. Hoja Informativa N° 307. EEA INTA Marcos Juárez.
- Peretti, M.A., 1997. Análisis del costo beneficio en cultivos de verano. Hoja Informativa N° 317. EEA INTA Marcos Juárez.
- Peretti, M.A., 1998. Análisis del costo beneficio en los cultivos de verano. Hoja Informativa N° 325. EEA INTA Marcos Juárez.
- Peretti, M.A., 2002. Evolución tecnológica de los cultivos de trigo y soja en los últimos veinte años (Período 1981-2001). Proyecto PICT 3524. EEA INTA Marcos Juárez.
- Pimentel, D., 1980. Manual de la utilización de la energía en la agricultura. CRC Press, Boca Raton, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Pimentel, D., 1984. Energy Flow in Agroecosystems. In: Lowrance, R., Stinner, B.R., House, G.J. (Eds.), *Agricultural Ecosystems: Unifying Concepts*, John Wiley & Sons, New York, pp. 121-132.
- Pimentel, D., Mclaughlin, L., Zepp, A., Lakitan, B., Kraus, T., Kleinman, P., Vancini, F., Roach, W.J., Grapp, E., Keeton, W.S., Selig, G., 1993. Environmental and economic effects of reducing pesticide use in agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 46, 273-288.
- Pimentel, D., Wilson, C., McCullum, C., Huang, R., Dwen, P., Flack, J., Tran, Q., Saltman, T., Cliff, B., 1997. Economic and Environmental Benefits of Biodiversity. *Bioscience*, Vol.47, N° 11, pp.747-757.

- Podestá, G.P., Messina, C.D., Grondona, M.O., Magrín, G.O., 1999. Association between grain crop yield in central-eastern Argentina and El Niño southern oscillation. *Journal of Applied Meteorology* 38, 1488-1498.
- Podestá, G.P., Letson, D., Messina, C., Royce, F., Ferreyra, R.A., Jones, J., Hansen, J., Llovet, I., Grondona, M., O'Brien, J.J., 2002. Use of ENSO-related climate information in agricultural decision making in Argentina: a pilot experience. *Agricultural Systems* 74, 371-392.
- Podestá, G.P., Bert, F., Rajagopalan, B., Apipattanavis, S., Laciana, C., Weber, E., Easterling, W., Katz, R., Letson, D., Menendez, A., 2009. Decadal climate variability in the Argentine Pampas: regional impacts of plausible climate scenarios on agricultural systems. *Climate Research* 40, 199-210.
- Poggio, S.L., Chaneton, E.J., Ghersa, C.M., 2010. Landscape complexity differentially affects alpha, beta, and gamma diversities of plants occurring in fencerows and crop fields. *Biological Conservation* 143, 2477-2486.
- Pope, J., Annandale, D., Morrison-Saunders, A., 2004. Conceptualizing sustainability assessment. *Environmental Impact Assessment Review* 24, 595-616.
- Pulselli, R.M., Pulselli, F.M., Rustici, M., 2008. Energy accounting of the province of Siena: Towards a thermodynamic geography for regional studies. *Journal of environmental management* 86, 342-353.
- Qaim, M., Traxler, G., 2005. Roundup Ready soybeans in Argentina: farm level and aggregate welfare effects. *Agricultural Economics* 32, 73-86.
- Rathke, G.W., Wienhold, B.J., Wilhelm, W.W., Diepenbrock, W., 2007. Tillage and rotation effect on corn-soybean energy balance in eastern Nebraska. *Soil and Tillage Research* 97, 60-70.

- Rosen, M.A., Dincer, I., Kanoglu, M., 2008. Role of exergy in increasing efficiency and sustainability and reducing environmental impact. *Energy Policy* 36, 128-137.
- Rosen, M.A., Scott, D.S., 2003. Entropy production and exergy destruction: Part I- hierarchy of Earth's major constituencies. *International Journal of Hydrogen Energy* 28, 1307.
- Rótolo, G. C., T. Rydberg, G. Lieblein, and C. Francis., 2007. Emergy evaluation of grazing cattle in Argentina's Pampas. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 119, 383-395.
- Rydberg, T., Haden A.C., 2006. Emergy evaluations of Denmark and Danish agriculture: Assessing the influence of changing resource availability on the organization of agriculture and society. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 117, 145-158.
- Sadok, W., Angevin, F., Bergez, J.-É., Bockstaller, C., Colomb, B., Guichard, L., Reau, R., Doré, T., 2008. Ex ante assessment of the sustainability of alternative cropping systems: implications for using multi-criteria decision-aid methods. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 28, 163-174
- SAGPyA, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2010. Disponible en: [http://www.minagri.gob.ar/SAGPyA/areas/biotecnologia/50-Evaluaciones/\\_archivo2/000200Eventos%20con%20evaluaci%C3%B3n%20favorable%20de%20la%20CONABIA%20y%20permiso%20de%20comercializaci%C3%B3n.php](http://www.minagri.gob.ar/SAGPyA/areas/biotecnologia/50-Evaluaciones/_archivo2/000200Eventos%20con%20evaluaci%C3%B3n%20favorable%20de%20la%20CONABIA%20y%20permiso%20de%20comercializaci%C3%B3n.php) Verificado 13/10/2010
- Saluso, J.H., 2011. Actualización del factor R de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) para gran parte del país. Período 1950-2005. Grupo Recursos Naturales y Factores Abióticos. INTA, EEA Paraná. Disponible en:

[http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/suelos/perdidas/20422\\_actualizacion.pdf](http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/suelos/perdidas/20422_actualizacion.pdf) Verificado 14/10/2011

Satorre, E.H., 2005. Cambios tecnológicos en la agricultura argentina actual. *Ciencia Hoy* 15, 24-31.

Scheinkerman, E., 2010. Desarrollo, estructura y posibilidades de la industria de alimentos y bebidas. Pp. 255-289 en Reza, L.G., Lema, D., Flood, C. (eds.) *El crecimiento de la agricultura argentina: medio siglo de logros y desafíos*. Editorial Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

Secretaría de Minería de la Nación, 2011. Disponible en: <http://www.mineria.gov.ar/estudios/irn/cordoba/x-2.asp> Verificado 03/06/2011

Sistemas de Información Nacional (SIAN). Disponible en: <http://www.ambiente.gov.ar/?aplicacion=mapoteca&idseccion=76&IdApli=2> Verificado 03/06/2011

SMN, Servicio Meteorológico Nacional, 2010. Disponible en: <http://www.smn.gov.ar/> Verificado 20/07/2011

Solow, R. M., 1997. Georgescu-Roegen versus Solow-Stiglitz. *Ecological Economics* 22, 267-268.

Soriano, A., León, R.J.C.; Sala, O.E., Lavado, R.S., Deregibus, V.A., Cahuepé, M.A.; Scaglia, O.A., Velásquez, C.A., Lemcoff, J.H., 1991. Río de la Plata grasslands. In: Coupland, R.T. (Ed.), *Ecosystems of the world. Natural grasslands, Introduction and western hemisphere*. New York, Elsevier, pp. 367-407.

- Steinborn, W., Svirezhev, Y., 2000. Entropy as an indicator of sustainability in agroecosystems: North Germany case study. *Ecological Modelling* 133, 247-257.
- Stiglitz, J. E., 1997. Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz. *Ecological Economics* 22, 269-270.
- Szargut, J., Morris, D.R., Steward, F.R., 1988. Exergy analysis of thermal, chemical, and metallurgical processes. Hemisphere Publishing Corporation, Berlin.
- Szargut, J., 2005. Exergy Method: Technical and Ecological Applications. WIT Press, Southampton.
- Takahashi, F., Ortega, E., 2010. Assessing sustainability of Brazilian oleaginous crops – possible raw material to produce biodiesel. *Energy Policy* 38, 2446-2454.
- Tilley, D.R., Swank, W.T., 2003. EMERGY-based environmental systems assessment of a multi- purpose temperate mixed-forest watershed of the southern Appalachian Mountains, USA. *Journal of Environmental Management* 69, 213–227.
- Tivy, J., 1990. The Agroecosystem. In: *Agricultural Ecology*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Trigo, E., Chudnovsky, D., Cap, E., Lopez, A., 2002. Genetically Modified Crops in Argentine Agriculture: an open ended history. Libros del Zorzal. Bs. As. Argentina.
- Trigo, E.J., Cap, E.J., 2003. The Impact of the Introduction of Transgenic Crops in Argentinean Agriculture. *AgBioForum*, 6 (3), 87-94.
- Trigo, E.J. y Villarreal, F., 2010. La innovación biotecnológica en el sector agrícola. Pp. 161-189 en Reca, L.G., Lema, D., Flood, C. (eds.) *El crecimiento de la*

agricultura argentina: medio siglo de logros y desafíos. Editorial Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

Ulgiati, S., Odum, H.T., Bastioni, S., 1994. Emergy use, environmental loading and sustainability: an emergy analysis of Italy. *Ecological Modelling* 73, 215-268.

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

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

Ulgiati, S., Bargigli, S., Raugei, M., 2007. An emergy evaluation of complexity, information and technology, towards maximum power and zero emissions. *Journal of Cleaner Production* 15, 1359-1372.

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

van der Werf, H.M.G., Petit, J., 2002. Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison and analysis of 12 indicator-based methods. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 93, 131-145.

van Ittersum, M.K., Ewert, F., Heckeley, T., Wery, J., Alkan Olsson, J., Andersen, E., Bezlepkina, I., Brouwer, F., Donatelli, M., Flichman, G., Olsson, L., Rizzoli, A.E., van der Wal, T., Wien, J.E., Wolf, J., 2008. Integrated assessment of agricultural systems: A component-based framework for the European Union (SEAMLESS). *Agricultural Systems* 96, 150-165.

- Viglizzo, E.F., 1983. Productividad y estabilidad productiva de distintos ecosistemas de la región pampeana subhúmeda y semiárida. *Revista Agrarius* 4-15.
- Viglizzo, E.F., Roberto, Z.E., Lertora, F., López Gay, E., Bernardos, J., 1997. Climate and land-use change in field-crop ecosystems of Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 66, 61-70.
- Viglizzo, E.F., Pordomingo, A.J., Castro, M.G., Lértora, F.A., 2002. The environmental Sustainability of Agriculture in the Argentine Pampas. Ediciones INTA, Buenos Aires.
- Viglizzo, E.F., Pordomingo, A.J., Castro, M.G., Lertora, F.A., 2003. Environmental Assessment of Agriculture at a Regional Scale in the Pampas of Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment* 87, 169-195.
- Viglizzo, E.F., Pordomingo, A.J., Castro, M.G., Lertora, F.A., Bernardos, J.N., 2004. Scale-dependent controls on ecological functions in agroecosystems of Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 101, 39-51.
- Viglizzo, E.F., Franck, F.C., Carreño, L.V., Jobaggy, E.G., Pereyra, H., Clatt, J., Pincén, D., Ricard, M.F., 2010. Ecological and environmental footprint of 50 years of agricultural expansion in Argentina. *Global Change Biology*, doi: 10.1111/j.1365-2486.2010.02293.
- Viglizzo, E.F., Paruelo, J.M., Littera, P., Jobágyy, E.G., 2011a. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, doi:10.1016/j.agee.2011.07.007.
- Viglizzo, E.F., Ricard, M.F., Jobágyy, E.F., Franck, F.C., Carreño, L.V., 2011b. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, doi:10.1016/j.fcr.2011.05.014.

- von Wirén-Lehr, S., 2001. Sustainability in agriculture - an evaluation of principal goal-oriented concepts to close the gap between theory and practice. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 84, 115.
- Wackernagel, M., Rees, W.E., 1996. Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable-and why they are a key to sustainability. *Environmental Impact Assess. Review* 16, 223–248.
- Wischmeyer, W.H., Smith, D.D., 1978. Predictive rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. USDA. *Agriculture Handbook*. N°537. Washington, USA.
- World Commission on Environment and Development, Brundtland Report, 1987. *Our Common Future*. Oxford University Press, New York.
- Yang, H., Chen, L., Yang, Z., Wang, H., 2011. Emergy analysis of cassava-based fuel ethanol in China. *Biomass and Bioenergy* 35, 581-589.
- Zhang, G., Long, W., 2010. A key review on emergy analysis and assessment of biomass resources for a sustainable future. *Energy Policy* 38, 2948-2955.
- Zhou, S.Y., Zhang, B., Cai, Z.F., 2010. Emergy analysis of a farm biogas project in China: A biophysical perspective of agricultural ecological engineering. *Commun Nonlinear Sci Numer Simulet* 15, 1408-1418.

## ANEXOS

### Anexo A: Tablas y notas necesarias para el cálculo de los flujos cuantitativos anuales de todos los recursos naturales e insumos económicos utilizados para la producción de cada uno de los cultivos y su respectiva contabilidad emergética

**Tabla A.1. Evaluación emergética de maíz en MJ, 2006.**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.16E+10	3.10E+04	1.29E+15	0.00E+00	1.29E+15	52
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	1.06E+09	7.24E+04	0.00E+00	7.68E+13	7.68E+13	3.1
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	1.63E+09	1.11E+05	1.81E+12	1.79E+14	1.81E+14	7.3
7	Maquinaria	0.05	kg	3.32E+01	1.13E+13	1.87E+12	3.55E+13	3.74E+13	1.5
8	Semillas	0.01	kg	2.00E+01	1.00E+13	2.00E+12	1.98E+14	2.00E+14	8.1
9	Nitrógeno	0.01	kg	1.20E+02	3.90E+12	4.66E+12	4.62E+14	4.66E+14	19
10	Fósforo	0.01	kg	2.17E+00	4.60E+12	9.99E+10	9.89E+12	9.99E+12	0.4
11	Azufre	0.01	kg	8.50E+00	2.20E+07	1.87E+06	1.85E+08	1.87E+08	0.0
12	Calcio	0.01	kg	1.05E+01	1.39E+12	1.46E+11	1.44E+13	1.46E+13	0.6
13	Pesticidas	0.01	J	1.92E+09	6.60E+04	1.27E+12	1.26E+14	1.27E+14	0.0
Lab.y serv.(S)									
14	Labores	0.6	US\$	3.28E+01	1.08E+12	2.12E+13	1.42E+13	3.54E+13	1.4
15	Servicios	0.6	US\$	2.32E+01	1.08E+12	1.51E+13	1.51E+13	2.51E+13	1.0
Productos									
16	Maíz (E)		J	2.57E+11					
Emergía total (Y)								2.46E+15	100

**1 Radiación solar:** Energía recibida sobre la superficie= Superficie del área \* Radiación anual \* (1-albedo). Irradiación solar Global Diaria sobre un plano horizontal (para la zona de M. Juárez, promedio histórico) = 4.33 kWh/m<sup>2</sup>/día (Grossi Gallegos y Spreafichi, 2008). Superficie del área= 10000 m<sup>2</sup>. kWh/m<sup>2</sup>/día = 3.60 MJ/m<sup>2</sup>/día; 1 MJ = 10000000 J. Energía recibida sobre la superficie = 4.33 kWh/m<sup>2</sup>/día \* 3.60 MJ/m<sup>2</sup>/día/kWh \* 10000000 J/MJ \* 365 días/año \* 10000 m<sup>2</sup>/ha (1-0.2) (1-20% albedo expresado en decimal) = 4.55 E+13 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**2 Lluvia:** Energía Química de la lluvia = Superficie del área \* Precipitación anual (medido) \* Densidad del Agua \* Energía Libre de Gibbs. Precipitación caída = 0.843 m/año (Estación Meteorológica- Registros Históricos, INTA Marcos Juárez, 2010). Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>. Densidad del agua = 1000 kg/m<sup>3</sup>; Energía libre de Gibbs del agua de lluvia = 4940 J/kg (Odum, 1996). Energía Química de la lluvia = 0.843 m/año \* 10000m<sup>2</sup>/ha \* 1000kg/m<sup>3</sup> \* 4940J/kg = 4.09E+10 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**3 Viento:** Energía cinética del viento = velocidad del viento \* superficie \* densidad del aire \* coeficiente dragg. Velocidad promedio histórica del viento a 2 m de altura = 1.94 m/s (Estación meteorológica - EEA INTA Marcos Juárez, 2010); Superficie = 10000 m<sup>2</sup>; Densidad del aire = 1.3 kg/m<sup>3</sup>; Coeficiente Dragg = 0.001 (adimensional); 3.16 E+07 s/año. Energía cinética del viento = 1.94 m/s \* 10000 m<sup>2</sup>/ha \* 1.3 kg/m<sup>3</sup> \* 0.001 \* 3.16 E+07 s/año = 7.97 E+08 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**4 Calor interno de la tierra:** Calor interno de la tierra= superficie \* flujo de calor para áreas estables \* contribución del calor de la tierra profunda. Superficie = 10000 m<sup>2</sup>; Flujo de calor para áreas estables = 1.00E+06 J/m/ha/año (Odum, 1996); Contribución de energía del calor de la tierra profunda = 1.00E+10 J/ha/año. Calor interno de la tierra = 10000 m<sup>2</sup>/ha \* 1.00E+06 J/m<sup>2</sup>/ha/año \* 1.00E+10 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Pérdida de energía por erosión = tasa de erosión \* superficie del área \* % materia orgánica del suelo \* contenido energético de la materia orgánica. Tasa de erosión = 0.16 kg/m<sup>2</sup>/año (promedio 5 años) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 3.01 (promedio 5 años); Contenido energético de la materia orgánica = 5400 kcal/kg (Odum, 1996); 1 kcal = 4186.8 J/kcal. Pérdida neta de suelo: 0.16 kg/m<sup>2</sup>.año \* 10000m<sup>2</sup>\* 0.0301 \* 5400 kcal/kg \* 4186.8 J/kcal = 1.06 E+09 J. Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Consumo anual de combustible y maquinaria = consumo total (combustible+ lubricante) \* contenido energético. Consumo combustible por maquinaria = Labor \* Nro. labores realizadas \* litros consumidos /ha/año.

Labores realizadas = Sembradora (Sistema de Siembra Directa) (+tractor) = 1 \* 9.81 l/ha (Rathke et al., 2007) = 9.81 l/ha; Fertilizadora (+ tractor) = 3 \* 1.99 l (Rathke et al., 2007) = 5.97 l/ha; Pulverizadora terrestre (+tractor) = 1 \* 8.045 l (Rathke et al., 2007) = 8.045 l/ha; Cosechadora (+ tolva con tractor)= 1 \* 15.96 l (Rathke et al., 2007) = 15.96 l/ha. Total = 39.79 l/ha/año.

Consumo de Lubricante por maquinaria (12% combustible) = 39.79 l/ha \* 0.12 = 4.77 l/ha. Contenido energético = 36600000 J/l (Rathke et al., 2007).

Consumo anual de combustible y maquinaria = (39.79 l/ha+ 4.77 l/ha) \* 36600000 J/l = 1.63 E+09 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2002.

**7 Maquinaria:** Peso de la maquinaria = Sembradora (Sistema de Siembra Directa) (+tractor) = 0.28 hs/ha/año / 2200hs (Márgenes Agropecuarios, 2009) \* 13.6 tn (Hill et al., 2006) \* 1E+3 kg/tn = 1.73 kg/ha/año; Pulverizadora terrestre (+tractor) = 0.07 hs/ha/año / 3000 hs (Márgenes Agropecuarios, 2009) \* 0.5 tn (Hill et al., 2006) \* 1E+3 kg/tn = 0.012 kg/ha/año; Fertilizadora (+ tractor) = 0.30 hs/ha/año /3000hs (Márgenes Agropecuarios, 2009) \* 10.7 tn (Hill et al., 2006) \* 1E+3 kg/tn = 1.07 kg/ha/año; Cosechadora (+ tolva con tractor)= 0.48 hs/ha/año / 15000 hs (Márgenes Agropecuarios, 2009) \* 15.5 tn (Hill et al., 2006) \* 1E+3 kg/tn =0.5 kg/ha/año. Peso total de la maquinaria = 3.31 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas:** Semillas de maíz (transgénicas, resistente a lepidópteros) consumidas = 20 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Nitrógeno:** Nitrógeno consumido= (200 Kg Urea/ha/año \* 0.46 (%N)) + (60 kg Fosfato Diamónico/ha/año \* 0.46 (%N)) = 120 kg N/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**10 Fósforo:** Fósforo consumido= 60 kg Fosfato Diamónico/ha/año \* 0.18 \* 0.46 (%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 0.44 (%P- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) = 2.17 kg P/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**11 Azufre:** Azufre consumido= 50 kg Sulfato de Calcio/ha/año \* 0.17 (%S) = 8.5 kg S/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**12 Calcio:** Calcio consumido= 50 Kg Sulfato de Calcio/ha/año \* 0.21 (%Ca) = 10.5 kg Ca/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**13 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 2 kg Atrazina/ha/año \* 45.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 90.4 Mcal/ha/año; 2 kg Glifosato/ha/año \* 108 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 216 Mcal/ha/año; 0.5 kg 2.4D/ha/año \* 20.2 Mcal/kg = 10.1 Mcal/ha/año; 2 kg/ha/año Metolaclor \* 65.7 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 131.4 Mcal/ha/año; 0.5 kg/ha/año Thiodicarb\* 23.5 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 11.75 Mcal/ha/año. Total Pesticidas consumidos= 459.65 Mcal/ha/año \* 1000000 cal/Mcal / 0.24 cal/J = 1.92 E+09 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**14 Labores:** Costo total de labores = labor \* número de labores realizadas \* costo de labor.

Costo labores = Sembradora (Sistema de Siembra Directa) (+tractor) = 1 \* 9.9 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009) = 9.9 US\$; Pulverizadora terrestre (+tractor) = 1 \* 3.8 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009) = 3.8 US\$; Fertilizadora (+tractor) = 3 \* 3.4 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009) = 10.2 US\$; Cosechadora = 1 \* 8.1 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009) = 8.1 US\$. Total = 32.8 US\$ /ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**15 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1 US\$ /ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción (Rendimiento kg /ha \* Precio maíz). Costo total = 1 + 0.02 \* (0.085 US\$/kg \* 13110 kg/ha) (Precio pizarra promedio mes de junio 2006, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) = 23.2 US\$/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**16 Maíz (E):** kg/ha cultivo de maíz \* contenido energético = 13110 kg/ha/año \* 1.96 E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) = 2.57 E+11 J/ha/año.

**Tabla A.2. Evaluación emergética de maíz en MJ, 2007.**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.56E+10	3.10E+04	1.42E+15	0.00E+00	1.42E+15	55
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	1.06E+09	7.24E+04	0.00E+00	7.68E+13	7.68E+13	3.0
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	1.63E+09	1.11E+05	1.81E+12	1.79E+14	1.81E+14	7.0
7	Maquinaria	0.05	kg	3.32E+01	1.13E+13	1.87E+12	3.55E+13	3.74E+13	1.4
8	Semillas	0.01	kg	2.00E+01	1.00E+13	2.00E+12	1.98E+14	2.00E+14	7.7
9	Nitrógeno	0.01	kg	9.20E+01	3.90E+12	3.59E+12	3.55E+14	3.59E+14	14
10	Fósforo	0.01	kg	1.41E+01	4.60E+12	6.47E+11	6.41E+13	6.47E+13	2.5
11	Azufre	0.01	kg	8.50E+00	2.20E+07	1.87E+06	1.85E+08	1.87E+08	0.0
12	Calcio	0.01	kg	1.12E+01	1.39E+12	1.56E+11	1.54E+13	1.56E+13	0.6
13	Pesticidas	0.01	J	2.50E+09	6.60E+04	1.65E+12	1.63E+14	1.65E+14	6.4
Lab. y serv.(S)									
14	Labores	0.6	US\$	3.18E+01	1.08E+12	2.12E+13	1.42E+13	3.54E+13	1.4
15	Servicios	0.6	US\$	3.15E+01	1.08E+12	2.04E+13	1.36E+13	3.40E+13	1.3
Productos									
16	Maíz (E)		J	2.47E+11					
Emergía total (Y)								2.58E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Precipitación anual (medida)= 0.924 m/año.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Labores realizadas: 1 siembra; 3 fertilizaciones; 1 pulverización terrestre; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1 y en los mismos datos del punto 7 (Maquinaria).

**8 Semillas:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 20 kg/ha/año.

**9 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 200 Kg Urea/ha/año.

**10 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 70 kg Superfosfato Triple/ha/año.

**11. Azufre:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 50 kg Sulfato de Calcio/ha/año.

**12 Calcio:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 50 kg Sulfato de Calcio/ha/año.

**13 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 3 kg Atrazina/ha/año; 4 kg Glifosato/ha/año; 0.5 kg 2.4D/ha.; 0.2 kg Estrobilurina/ha/año; 0.1 kg Cipermetrina/ha/año.

**14 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Sembradora = 9.99 US\$; Pulverizadora terrestre = 3.8 US\$; Fertilizadora = 3.4 US\$; Cosechadora = 8.1 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**15 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. Soja = 0.121 US\$/kg y 12580 kg/ha.

**16 Maíz:** 12580 kg/ha/año \* 1.96 E+07 J/kg = 2.47 E+11 J/ha/año.

**Tabla A.3. Evaluación emergética de maíz en MJ, 2008.**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renov.	Emergía No Renov.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	2.81E+10	3.10E+04	8.71E+14	0.00E+00	8.71E+14	40.0
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	1.06E+09	7.24E+04	0.00E+00	7.68E+13	7.68E+13	3.5
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	1.96E+09	1.11E+05	2.17E+12	2.15E+14	2.17E+14	10.0
7	Maquinaria	0.05	kg	3.34E+00	1.13E+13	1.88E+12	3.57E+13	3.76E+13	1.7
8	Semillas	0.01	kg	2.00E+01	1.00E+13	2.00E+12	1.98E+14	2.00E+14	9.2
9	Nitrógeno	0.01	kg	9.20E+01	3.90E+12	3.59E+12	3.55E+14	3.59E+14	16.5
10	Fósforo	0.01	kg	2.01E+01	4.60E+12	9.25E+11	9.15E+13	9.25E+13	4.2
11	Azufre	0.01	kg	1.70E+01	2.20E+07	3.74E+06	3.70E+08	3.74E+08	0.0
12	Calcio	0.01	kg	2.20E+01	1.39E+12	3.06E+11	3.03E+13	3.06E+13	1.4
13	Pesticidas	0.01	J	3.12E+09	6.60E+04	2.13E+12	2.10E+14	2.13E+14	9.7
Lab. y serv.(S)									
14	Labores	0.6	US\$	3.62E+01	1.08E+12	2.34E+13	1.56E+13	3.91E+13	1.8
15	Servicios	0.6	US\$	4.05E+01	1.08E+12	2.63E+13	1.75E+13	4.38E+13	2.0
Productos									
16	Maíz (E)		J	2.24E+11					
Emergía total (Y)								2.18E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Precipitación anual (medida)= 0.569 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie Tabla A.1.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Labores realizadas: 1 siembra; 2 fertilizaciones; 3 pulverización terrestre; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 (Maquinaria).

**8 Semillas:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 20 kg/ha/año.

**9 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 200 Kg Urea/ha/año.

**10 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 100 kg Superfosfato Triple/ha/año.

**11. Azufre:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 100 kg Sulfato de Calcio/ha/año.

**12 Calcio:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 100 kg Sulfato de Calcio/ha/año.

**13 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 3 kg Atrazina/ha/año; 5 kg Glifosato/ha/año; 0.12 kg Dicamba/ha/año; 0.2 kg Estrobilurina/ha/año; 0.8 kg Endosulfán/ha/año.

**14 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Sembradora = 9.99 US\$; Pulverizadora terrestre = 3.8 US\$; Fertilizadora = 3.4 US\$; Cosechadora = 8.1 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**15 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. Soja = 0.173 US\$ /kg y 11430 kg/ha.

**16 Maíz:** 11430 kg/ha/año \* 1.96 E+07 J/kg = 2.24 E+11 J/ha/año.

#### Tabla A.4. Evaluación emergética de maíz en MJ, 2009.

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	3.35E+10	3.10E+04	1.04E+15	0.00E+00	1.04E+15	43.0
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	1.06E+09	7.24E+04	0.00E+00	7.68E+13	7.68E+13	3.1
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	2.04E+09	1.11E+05	2.26E+12	2.24E+14	2.26E+14	9.4
7	Maquinaria	0.05	kg	3.70E+00	1.13E+13	2.08E+12	3.96E+13	4.17E+13	1.7
8	Semillas	0.01	kg	2.00E+01	1.00E+13	2.00E+12	1.98E+14	2.00E+14	8.3
9	Nitrógeno	0.01	kg	9.20E+01	3.90E+12	3.59E+12	3.55E+14	3.59E+14	14.8
10	Fósforo	0.01	kg	2.01E+01	4.60E+12	9.25E+11	9.15E+13	9.25E+13	3.8
11	Azufre	0.01	kg	1.70E+01	2.20E+07	3.74E+06	3.70E+08	3.74E+08	0.0
12	Calcio	0.01	kg	2.20E+01	1.39E+12	3.06E+11	3.03E+13	3.06E+13	1.3
13	Pesticidas	0.01	J	3.18E+09	6.60E+04	2.16E+12	2.14E+14	2.16E+14	8.9
Lab. y serv.(S)									
14	Labores	0.6	US\$	1.03E+02	1.08E+12	6.67E+13	4.45E+13	1.11E+14	4.6
15	Servicios	0.6	US\$	2.31E+01	1.08E+12	1.49E+13	9.97E+13	2.49E+13	1.0
Productos									
16	Maíz (E)		J	2.00E+11					
Emergía total (Y)								2.42E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Precipitación anual (medida)= 0.679 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla B.1. Labores realizadas: 1 siembra; 4 fertilizaciones; 2 pulverizaciones terrestres; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del 7 (Maquinaria) de esta tabla.

**8 Semillas:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 20 kg/ha/año.

**9 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 200 Kg Urea/ha/año.

**10 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 100 kg Superfosfato Triple/ha/año.

**11 Azufre:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 100 kg Sulfato de Calcio/ha/año.

**12 Calcio:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 100 kg Sulfato de Calcio/ha/año.

**13 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 3 kg Atrazina/ha/año; 5 kg Glifosato/ha/año; 0.12 kg Dicamba/ha/año; 0.2 kg Estrobilurina/ha/año; 0.1kg Cipermetrina/ha/año; 0.8 kg Endosulfán/ha/año.

**14 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Sembradora = 9.99 US\$; Pulverizadora terrestre = 3.8 US\$; Fertilizadora = 3.4 US\$; Cosechadora = 8.1 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**15 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. Soja = 0.108 US\$ /kg y 10200 kg/ha.

**16 Maíz:** 10200 kg/ha/año \* 1.96E+07 J/kg = 2.00E+11 J/ha/año.

**Tabla A.5. Evaluación emergética de maíz en MJ, 2010.**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	5.58E+10	3.10E+04	1.73E+15	0.00E+00	1.73E+15	56.8
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	1.06E+09	7.24E+04	0.00E+00	7.68E+13	7.68E+13	2.5
Materiales (M)									
6	Comb.y Lubr.	0.01	J	1.88E+09	1.11E+05	2.08E+12	2.06E+14	2.08E+14	6.8
7	Maquinaria	0.05	kg	2.97E+00	1.13E+13	1.67E+12	3.18E+13	3.35E+13	1.1
8	Semillas	0.01	kg	2.00E+01	1.00E+13	2.00E+12	1.98E+14	2.00E+14	6.6
9	Nitrógeno	0.01	kg	9.20E+01	3.90E+12	3.59E+12	3.55E+14	3.59E+14	11.8
10	Fósforo	0.01	kg	2.01E+01	4.60E+12	9.25E+11	9.15E+13	9.25E+13	3.0
11	Azufre	0.01	kg	1.70E+01	2.20E+07	3.74E+06	3.70E+08	3.74E+08	0.0
12	Calcio	0.01	kg	2.20E+01	1.39E+12	3.06E+11	3.03E+13	3.06E+13	1.0
13	Pesticidas	0.01	J	2.86E+09	6.60E+04	1.89E+12	1.87E+14	1.89E+14	6.2
Lab. y serv.(S)									
14	Labores	0.6	US\$	8.10E+01	1.08E+12	5.25E+13	3.50E+13	8.74E+14	2.9

15	Servicios Productos	0.6	US\$	3.37E+01	1.08E+12	2.18E+13	1.46E+13	3.64E+13	1.2
16	Maíz (E) Emergía total (Y)		J	2.64E+11				3.04E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Precipitación anual (medida)= 1.13 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Labores realizadas: 1 siembra; 2 fertilizaciones; 2 pulverizaciones terrestres; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del 7 (Maquinaria) de esta tabla.

**8 Semillas:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 20 kg/ha/año.

**9 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 200 Kg Urea/ha/año.

**10 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 100 kg Superfosfato Triple/ha/año.

**11 Azufre:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 100 kg Sulfato de Calcio/ha/año.

**12 Calcio:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 100 kg Sulfato de Calcio/ha/año.

**13 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 3 kg Atrazina/ha.; 5 kg Glifosato/ha/año; 0.12 kg Dicamba/ha/año; 0.2 kg Estrobilurina/ha/año; 0.1kg Cipermetrina/ha/año; 0.8 kg Endosulfán/ha/año.

**14 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Sembradora = 24.47 US\$; Pulverizadora terrestre = 11 US\$ Fertilizadora = 4.85 US\$; Cosechadora = 24.8 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**15 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. Soja = 0.121 US\$/kg y 13474 kg/ha.

**16 Maíz:** 13474 kg/ha/año \* 1.96E+07 J/kg = 2.64 E+11 J/ha/año.

#### Tabla A.6. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, 2006.

Nota	Item	Fracción Renovabl e	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovabl e	Emergía No Renovable	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.16E+10	3.10E+04	1.29E+15	0.00E+00	1.29E+15	37.5
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	1.06E+09	7.24E+04	0.00E+00	7.68E+13	7.68E+13	2.2
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	3.09E+09	1.11E+05	3.43E+12	3.40E+14	3.43E+14	10.0
7	Maquinaria	0.05	kg	2.16E+00	1.13E+13	1.22E+12	2.31E+13	2.43E+13	0.7
8	Semillas Soja	0.01	kg	8.00E+01	1.00E+13	8.00E+12	7.92E+14	8.00E+14	23.3

9	Semillas Trigo	0.01	kg	1.15E+02	1.00E+12	1.15E+12	1.14E+14	1.15E+14	3.3
10	Nitrógeno	0.01	kg	1.03E+02	3.90E+12	4.02E+12	3.98E+14	4.02E+14	11.7
11	Fósforo	0.01	kg	2.01E+01	4.60E+12	9.25E+01	9.15E+13	9.25E+13	2.7
12	Azufre	0.01	kg	6.00E-01	1.39E+12	8.34E+09	8.26E+11	8.34E+11	0.0
13	Calcio	0.01	kg	1.28E+01	2.20E+07	2.81+06	2.78E+08	2.81E+08	0.0
14	Pesticidas	0.01	J	2.94E+09	6.60E+04	1.94E+12	1.92E+14	1.27E+14	5.6
	Suma (M)					1.27E+13	1.16E+15	1.94E+14	57.3
	Lab. y serv. (S)								
15	Labores	0.6	US\$	4.97E+01	1.08E+12	3.12E+13	2.15E+13	5.36E+13	1.6
16	Servicios	0.6	US\$	4.45E+01	1.08E+12	2.89E+13	1.92E+12	4.81E+13	1.4
	Productos								
17	Soja		J	5.82E+10					
17	Trigo		J	3.93E+10					
	Total (E)		J	9.75E+10					
	Emergía total (Y)							3.35E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Precipitación anual (medida)= 0.843 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Labores realizadas: 2 siembras; 2 pulverizaciones terrestres; 2 fertilizaciones; 2 cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del 7 (Maquinaria) de esta tabla.

**8 Semillas de soja:** Semillas de soja (transgénicas, resistente herbicidas) consumidas = 80 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Semillas de trigo:** Semillas de trigo (controladas por compañías) consumidas = 115 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**10 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 224 kg Urea/ha/año.

**11 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 100 kg Superfosfato Triple/ha/año.

**12 Azufre:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 75 kg Sulfato de Calcio/ha/año.

**13 Calcio:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 75 kg Sulfato de Calcio/ha/año.

**14 Pesticidas:** en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 6.5 kg Glifosato/ha/año.

**15 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Sembradora = 9.09 US\$; Pulverizadora terrestre = 3.78 US\$; Fertilizadora = 3.43 US\$; Cosechadora = 8.07 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**16 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1US\$ /ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción ((Rendimiento Promedio trienio soja /ha \* Precio Pizarra de soja, Mes de Abril, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) + (Rendimiento Promedio trienio trigo /ha \* Precio Pizarra de trigo, Mes de Enero, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010)). Costo total = 1+ 0.02 \* ((0.480 US\$/kg \* 3805 kg/ha) + (0.104 US\$/kg \* 2845 kg/ha))= 44.52 US\$/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**17 Soja:** kg/ha soja (promedio trienio) \* contenido energético soja = 3805 kg/ha/año \* 1.53E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) = 5.82E+10 J/ha/año.

**17 Trigo:** kg/ha trigo (promedio trienio) \* contenido energético trigo = 2845 kg/ha/año\* 1.38E+07 J/kg (Pimentel, 1980) = 3.93E+10 J/ha/año.

\*: El ítem Semillas se cuantifica por separado por tener distintos valores de transformidad.

**Tabla A.7. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, 2007.**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.56E+10	3.10E+04	1.42E+15	0.00E+00	1.42E+15	37.3
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	1.06E+09	7.24E+04	0.00E+00	7.68E+13	7.68E+13	2.0
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	3.34E+09	1.11E+05	3.71E+12	3.67E+14	3.71E+14	9.8
7	Maquinaria	0.05	kg	2.14E+00	1.13E+13	1.20E+12	2.29E+13	2.41E+13	0.6
8	Semillas Soja	0.01	kg	80.0E+01	1.00E+13	8.00E+12	7.92E+14	8.00E+14	21.1
9	Semillas Trigo	0.01	kg	1.20E+02	1.00E+12	1.20E+12	1.19E+14	1.20E+14	3.16
10	Nitrógeno	0.01	kg	1.38E+02	3.90E+12	5.38E+12	5.33E+14	5.48E+14	14.2
11	Fósforo	0.01	kg	1.81E+01	4.60E+12	8.32E+11	8.24E+13	8.32E+13	2.2
12	Azufre	0.01	kg	0.00E+00	2.20E+17	0.00E+00	0.00E+00	0.0E+00	0.0
13	Pesticidas	0.01	J	3.91E+09	6.60E+04	2.58E+12	2.56E+14	2.68E+14	6.8
Lab. y serv.(S)									
14	Labores	0.6	US\$	5.00E+01	1.08E+12	3.14E+13	2.16E+13	5.40E+13	1.4
15	Servicios	0.6	US\$	4.89E+01	1.08E+12	3.17E+13	2.11E+13	5.28E+13	1.4
Productos									
16	Soja		J	5.74E+10					
16	Trigo		J	5.48E+10					
Total (E)			J	1.12E+11					
Emergía total (Y)								3.79E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Precipitación anual (medida)= 0.843 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Labores realizadas: 2 siembras; 1 pulverizaciones terrestres; 2 fertilizaciones; 2 cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del 7 (Maquinaria) de esta tabla.

**8 Semillas de soja:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 80 kg/ha/año.

**9 Semillas de trigo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 119 kg/ha/año.

**10 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 300 Kg Urea/ha/año.

**11 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 90 kg Superfosfato Triple/ha/año.

**12 Azufre:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 75 kg Sulfato de Calcio/ha/año.

**13 Pesticidas:** en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 6.5 kg Glifosato/ha/año.

**14 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Sembradora = 9.09 US\$; Pulverizadora terrestre = 3.78 US\$; Fertilizadora = 3.43 US\$; Cosechadora = 8.07 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**15 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.6. Soja = 0.480 US\$/kg y 3805 kg/ha. Trigo = 0.104 US\$/kg y 2845 kg/ha.

**16 Soja:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 3750 kg/ha/año

**16 Trigo:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 3973 kg/ha/año.

**Tabla A.8. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, 2008.**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	2.81E+10	3.10E+04	8.71E+14	0.00E+00	8.71E+14	29.9
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	1.06E+09	7.24E+04	0.00E+00	7.68E+13	7.68E+13	2.6
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	3.16E+09	1.11E+05	3.62E+12	3.58E+14	3.62E+14	12.4
7	Maquinaria	0.05	kg	1.15E+00	1.13E+13	6.49E+11	1.23E+13	1.30E+13	0.4
8	Semillas Soja	0.01	kg	8.00E+01	1.00E+13	8.00E+12	7.92E+14	8.00E+14	27.4
9	Semillas Trigo	0.01	kg	1.20E+02	1.00E+12	1.20E+12	1.19E+14	1.20E+14	4.12
10	Nitrógeno	0.01	kg	9.20E+01	3.90E+12	3.59E+12	3.55E+14	3.59E+14	12.3
11	Fósforo	0.01	kg	1.41E+01	4.60E+12	6.47E+11	6.41E+13	6.47E+13	2.2
12	Azufre	0.01	kg	1.19E+01	2.20E+17	2.62E+06	2.59E+08	2.62E+08	0.0
13	Calcio	0.01	kg	1.54E+01	1.39E+12	2.14E+11	2.12E+13	2.14E+13	0.7
14	Pesticidas	0.01	J	1.83E+09	6.60E+04	1.21E+12	1.19E+14	1.21E+14	4.1
Lab. y serv. (S)									
15	Labores	0.6	US\$	4.66E+01	1.08E+12	3.02E+13	2.01E+13	5.03E+13	1.7
16	Servicios	0.6	US\$	5.11E+01	1.08E+12	3.31E+13	2.21E+13	5.52E+13	1.9
Productos									
17	Soja		J	4.62E+10					
17	Trigo		J	5.52E+10					
	Total (E)		J	1.01E+11					
Emergía total (Y)								2.91E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Precipitación anual = 0.659 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Labores realizadas: 2 siembras; 2 pulverizaciones terrestres; 1 fertilización; 2 cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 (Maquinaria) de esta tabla.

**8 Semillas de soja:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie Tabla A.6. 80 kg/ha/año.

**9 Semillas de trigo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie Tabla A.6. 120 kg/ha/año.

**10 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 200 Kg Urea/ha/año.

**11 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 70 kg Superfosfato Triple/ha/año.

**12 Azufre:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 70 kg Sulfato de Calcio/ha/año.

**13 Calcio:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 70 kg Sulfato de Calcio/ha/año.

**14 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 4 kg Glifosato/ha/año, 0.01kg Metsulfurón/ha/año; 0.2 kg 2.4D ha/año

**15 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Sembradora = 9.09 US\$; Pulverizadora terrestre = 3.78 US\$; Fertilizadora = 3.43 US\$; Cosechadora = 8.07 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**16 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.6. Soja = 0.590 US\$/kg y 3020 kg/ha. Trigo = 0.168 US\$/kg y 4000 kg/ha.

**17 Soja:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 3020 kg/ha/año

**17 Trigo:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 4000 kg/ha/año.

**Tabla A.9. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, 2009.**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	3.35E+10	3.10E+04	1.04E+15	0.00E+00	1.04E+15	32.8
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	1.06E+09	7.24E+04	0.00E+00	7.68E+13	7.68E+13	2.4
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	3.51E+09	1.11E+05	3.89E+12	3.85E+14	3.89E+14	12.2
7	Maquinaria	0.05	kg	2.17E+00	1.13E+13	1.22E+12	2.33E+13	2.45E+13	0.8
8	Semillas Soja	0.01	kg	8.00E+01	1.00E+13	8.00E+12	7.92E+14	8.00E+14	25.2
9	Semillas Trigo	0.01	kg	1.20E+02	1.00E+12	1.20E+12	1.19E+14	1.20E+14	0
10	Nitrógeno	0.01	kg	9.20E+01	3.90E+12	3.59E+12	3.55E+14	3.59E+14	3.78
11	Fósforo	0.01	kg	1.41E+01	4.60E+12	6.47E+11	6.41E+13	6.47E+13	11.3
12	Azufre	0.01	kg	1.19E+01	2.20E+17	2.62E+06	2.59E+08	2.62E+08	2.0
13	Calcio	0.01	kg	1.47E+01	1.39E+12	2.04E+11	2.02E+13	2.04E+13	0.0
14	Pesticidas	0.01	J	2.79E+09	6.60E+04	1.84E+12	1.82E+14	1.84E+14	0.6
Lab. y serv.(S)									
15	Labores	0.6	US\$	6.87E+01	1.08E+12	4.45E+13	2.97E+13	7.42E+13	5.8
16	Servicios	0.6	US\$	2.02E+01	1.08E+12	1.31E+13	8.71E+12	2.18E+13	0.7
Productos									

17	Soja	J	4.28E+10		
17	Trigo	J	2.42E+10		
	Total (E)	J	6.70E+10		
Emergía total (Y)				3.17E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Precipitación anual = 0.679 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Labores realizadas: 2 siembras; 5 pulverizaciones terrestres; 1 fertilización; 2 cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del 7 (Maquinaria) de esta tabla.

**8 Semillas de soja:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 80 kg/ha/año.

**9 Semillas de trigo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 120 kg/ha/año.

**10 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 200 Kg Urea/ha/año.

**11 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 70 kg Superfosfato Triple/ha/año.

**12 Azufre:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 70 kg Sulfato de Calcio/ha/año.

**13 Calcio:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 70 kg Sulfato de Calcio/ha/año.

**14 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 6 kg Glifosato/ha/año, 0.01kg Metsulfurón/ha/año, 0.2 kg 2.4D ha/año, 0.1 kg Cipermetrina /ha/año; 0.03 kg Tebuconazole/ha/año.

**15 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Sembradora = 24.27 US\$; Pulverizadora terrestre = 11 US\$; Fertilizadora = 4.84 US\$; Cosechadora = 24.8 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**16 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. Soja = 0.252 US\$ /kg y 2800 kg/ha. Trigo = 0.115 US\$ /kg y 1750 kg/ha.

**17 Soja:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 2800 kg/ha/año

**Trigo:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 1750 kg/ha/año.

#### Tabla A.10. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, 2010.

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	5.58E+10	3.10E+04	1.73E+15	0.00E+00	1.73E+15	43.4
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	1.06E+09	7.24E+04	0.00E+00	7.68E+13	7.68E+13	1.9
Materiales (M)									
6	Combustibles y Lubr.	0.01	J	3.75E+09	1.11E+05	4.16E+12	4.12E+14	4.16E+14	10.5
7	Maquinaria	0.05	kg	2.19E+00	1.13E+13	1.23E+12	2.34E+13	2.46E+13	0.6

8	Semillas Soja	0.01	kg	8.00E+01	1.00E+13	8.00E+12	7.92E+14	8.00E+14	20.1
9	Semillas Trigo	0.01	kg	1.20E+02	1.00E+12	1.20E+12	1.19E+14	1.20E+14	3.01
10	Nitrógeno	0.01	kg	9.20E+01	3.90E+12	3.59E+12	3.55E+14	3.59E+14	9.0
11	Fósforo	0.01	kg	2.41E+01	4.60E+12	1.11E+12	1.10E+14	1.11E+14	2.8
12	Azufre	0.01	kg	1.70E+01	2.20E+17	3.74E+06	3.70E+08	3.74E+08	0.0
13	Calcio	0.01	kg	2.22E+01	1.39E+12	3.09E+11	3.05E+13	3.09E+13	0.8
14	Pesticidas	0.01	J	2.09E+09	6.60E+04	1.38E+12	1.36E+14	1.38E+14	3.5
	Lab. y serv.(S)								
15	Labores	0.6	US\$	1.40E+02	1.08E+12	9.07E+13	6.04E+13	7.42E+13	3.8
16	Servicios	0.6	US\$	2.32E+01	1.08E+12	1.50E+13	1.00E+13	2.18E+13	0.6
	Productos								
17	Soja		J	3.36E+10					
17	Trigo		J	4.39E+10					
	Total (E)		J	7.75E+10					
	Emergía total (Y)							3.98E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Precipitación anual = 1.129 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Labores realizadas: 2 siembras; 4 pulverizaciones terrestres; 2 fertilizaciones; 2 cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del 7 (Maquinaria) de esta tabla.

**8 Semillas de soja:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 80 kg/ha/año.

**9 Semillas de trigo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 120 kg/ha/año.

**10 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 200 Kg Urea/ha/año.

**11 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 120 kg Superfosfato Triple/ha/año.

**12 Azufre:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 100 kg Sulfato de Calcio/ha/año.

**13 Calcio:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 100 kg Sulfato de Calcio/ha/año.

**14 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 4 kg Glifosato/ha/año, 0.6 kg Metsulfurón/ha/año, 0.1 kg Dicamba ha/año, 0.05 Cipermetrina kg/ha/año.

**15 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Sembradora = 24.27 US\$; Pulverizadora terrestre = 11 US\$; Fertilizadora = 4.84 US\$; Cosechadora = 24.8 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**16 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. Soja = 0.224 US\$ /kg y 2194 kg/ha. Trigo = 0.178 US\$ /kg y 3180 kg/ha.

**17 Soja:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 2194 kg/ha/año

**17 Trigo:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 3180 kg/ha/año.

Tabla A.11. Evaluación emergética de maíz en PG, 2006.

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.47E+13	1	4.47E+13	0.00E+00	4.47E+13	
2	Lluvia	1	J	3.80E+10	3.10E+04	1.18E+15	0.00E+00	1.18E+15	51.4
3	Viento	1	J	1.08E+09	2.45E+03	2.66E+12	0.00E+00	2.66E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	1.59E+09	7.24E+04	0.00E+00	1.15E+14	1.15E+14	5.0
Materiales (M)									
6	Comb.y Lubr.	0.01	J	1.80E+09	1.11E+05	1.99E+12	1.97E+14	1.99E+14	8.7
7	Maquinaria	0.05	kg	2.61E+00	1.13E+13	1.47E+12	2.79E+13	2.94E+13	1.3
8	Semillas	0.01	kg	2.00E+01	1.00E+13	2.00E+12	1.98E+14	2.00E+14	8.7
9	Nitrógeno	0.01	kg	1.20E+02	3.90E+12	4.66E+12	4.62E+14	4.66E+14	20.4
10	Fósforo	0.01	kg	2.17E+00	4.60E+12	9.99E+10	9.89E+12	9.99E+12	0.4
11	Pesticidas	0.01	J	6.54E+08	6.60E+04	4.31E+11	4.27E+13	4.31E+13	0.0
Lab. y serv.(S)									
12	Labores	0.6	US\$	2.86E+01	1.08E+12	1.85E+13	1.42E+13	3.54E+13	1.4
13	Servicios	0.6	US\$	1.62E+01	1.08E+12	1.05E+13	1.51E+13	2.51E+13	0.8
Productos									
14	Maíz (E)		J	1.76E+11					
Emergía total (Y)								2.29E+15	100

**1 Radiación solar:** Energía recibida sobre la superficie= Superficie del área \* Radiación anual \* (1-albedo). Irradiación solar Global Diaria sobre un plano horizontal (para la zona de Pergamino, promedio histórico) = 4.25 kWh/m<sup>2</sup>/día (Grossi Gallegos y Spreafichi, 2008). Superficie del área= 10000 m<sup>2</sup>. 1 kWh/m<sup>2</sup>/día = 3.60 MJ/m<sup>2</sup>/día; 1 MJ = 1000000 J. Energía recibida sobre la superficie = 4.25 kWh/m<sup>2</sup>/día \* 3.60 MJ/m<sup>2</sup>/día/kWh \* 10000000 J/MJ \* 365 días/año \* 10000 m<sup>2</sup>/ha (1-0.2) (1-20% albedo expresado en decimal) = 4.47 E+13 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**2 Lluvia:** Energía Química de la lluvia = Superficie del área \* Precipitación anual \* Densidad del Agua \* Energía Libre de Gibbs. Precipitación caída = 0.768 m/año (Estación Meteorológica- Registros Históricos INTA Pergamino, 2010). Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>. Densidad del agua = 1000 kg/m<sup>3</sup>; Energía libre de Gibbs del agua de lluvia = 4940 J/kg (Odum, 1996). Energía Química de la lluvia = 0.768 m/año \* 10000 m<sup>2</sup>/ha \* 1000 kg/m<sup>3</sup> \* 4940 J/kg = 3.8 E+10 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**3 Viento:** Energía cinética del viento = velocidad del viento \* superficie \* densidad del aire \* coeficiente dragg. Velocidad promedio histórica del viento a 2 m de altura = 2.64 m/s (Estación meteorológica,- EEA INTA Pergamino, 2010); Superficie = 10000 m<sup>2</sup>; Densidad del aire = 1.3 kg/m<sup>3</sup>; Coeficiente Dragg = 0.001(adimensional); 3.16E+07 s/año. Energía cinética del viento = 2.644 m/s \* 10000 m<sup>2</sup>/ha \* 1.3 kg/m<sup>3</sup> \* 0.001 \* 3.16E+07 s/año = 1.08E+09 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Pérdida de energía por erosión = tasa de erosión \* superficie del área \* %materia orgánica del suelo\* contenido energético de la materia orgánica. Tasa de erosión = 0.21 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio 5 años) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 3.33 (promedio 5 años); Contenido energético de la materia orgánica = 5400 kcal/kg (Odum, 1996); 1 kcal = 4186.8 J/kcal. Pérdida neta de suelo: 0.21 kg/m<sup>2</sup>.año \* 10000m<sup>2</sup> \* 0.0333 \* 5400 kcal/kg \* 4186.8 J/kcal = 1.59 E+09 J. Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Labores realizadas: 1 siembra; 1 fertilización; 2 pulverizaciones terrestres; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 (Maquinaria).

**8 Semillas:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 20 kg/ha/año.

**9 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 200 Kg Urea/ha/año.

**10 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 60 kg Fosfato Diamónico/ha.año.

**11 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 2 kg Atrazina/ha/año; 1 kg Metolaclor/ha/año.

**12 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Sembradora = 9.99 US\$; Pulverizadora terrestre = 3.8 US\$; Fertilizadora = 3.4 US\$; Cosechadora = 8.1 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**13 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 0.0846 US\$ /kg y 8969 kg/ha..

**14 Maíz:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 8969 kg/ha/año.

**Tabla A.12. Evaluación emergética de maíz en PG, 2007.**

Nota	Item	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.47E+13	1	4.47E+13	0.00E+00	4.47E+13	
2	Lluvia	1	J	5.87E+10	3.10E+04	1.82E+15	0.00E+00	1.82E+15	63.1
3	Viento	1	J	1.08E+09	2.45E+03	2.66E+12	0.00E+00	2.66E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd.Neta de Suelo	0	J	1.59E+09	7.24E+04	0.00E+00	1.15E+14	1.15E+14	4.0
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	1.47E+09	1.11E+05	1.63E+12	1.61E+14	1.63E+14	5.7
7	Maquinaria	0.05	kg	2.60E+00	1.13E+13	1.46E+12	2.78E+13	2.92E+13	1.0
8	Semillas	0.01	kg	2.00E+01	1.00E+13	2.00E+12	1.98E+14	2.00E+14	6.9
9	Nitrógeno	0.01	kg	9.20E+01	3.90E+12	3.59E+12	3.55E+14	3.59E+14	12.5
10	Fósforo	0.01	kg	1.21E+01	4.60E+12	5.55E+11	5.49E+13	5.55E+13	1.9
11	Pesticidas	0.01	J	1.13E+09	6.60E+04	7.46E+11	7.39E+13	7.46E+13	2.6
Lab. y serv.(S)									
12	Labores	0.6	US\$	2.52E+01	1.08E+12	1.63E+13	1.09E+13	2.72E+13	0.9
13	Servicios	0.6	US\$	3.19E+01	1.08E+12	2.07E+13	1.38E+13	3.44E+13	1.2
Productos									
14	Maíz (E)		J	2.50E+11					
Emergía total (Y)								2.88E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.11. Precipitación anual = 1.118 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Labores realizadas: 1 siembra; 1 fertilización; 1 pulverización terrestre; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 (Maquinaria).

**8 Semillas:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 20 kg/ha/año.

**9 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 200 Kg Urea/ha/año.

**10 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 60 kg Fosfato Diamónico/ha.año.

**11 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla B.1. 2.5 kg Glifosato /ha.año.

**12 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Sembradora = 9.99 US\$ ; Pulverizadora terrestre = 3.8 US\$ ; Fertilizadora = 3.4 US\$ ; Cosechadora = 8.1 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**13 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 0.121 US\$ /kg y 12748 kg/ha..

**14 Maíz:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 12748 kg/ha/año.

**Tabla A.13. Evaluación Eemergética de maíz en PG, 2008.**

Nota	Item	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.47E+13	1	4.47E+13	0.00E+00	4.47E+13	
2	Lluvia	1	J	3.06E+10	3.10E+04	9.47E+14	0.00E+00	9.47E+14	44.8
3	Viento	1	J	1.08E+09	2.45E+03	2.66E+12	0.00E+00	2.66E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	1.59E+09	7.24E+04	0.00E+00	1.15E+14	1.15E+14	5.4
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	1.72E+09	1.11E+05	1.90E+12	1.88E+14	1.90E+14	9.0
7	Maquinaria	0.05	kg	2.24E+00	1.13E+13	1.26E+12	2.40E+13	2.53E+13	1.2
8	Semillas	0.01	kg	2.00E+01	1.00E+13	2.00E+12	1.98E+14	2.00E+14	9.5
9	Nitrógeno	0.01	kg	9.20E+01	3.90E+12	3.59E+12	3.55E+14	3.59E+14	17.0
10	Fósforo	0.01	kg	2.76E+01	4.60E+12	1.27E+12	1.26E+14	1.27E+14	6.0
11	Pesticidas	0.01	J	1.36E+09	6.60E+04	8.99E+11	8.90E+13	8.99E+13	4.3
Lab. y serv.(S)									
12	Labores	0.6	US\$	2.56E+01	1.08E+12	1.63E+13	1.10E+13	2.76E+13	1.3
13	Servicios	0.6	US\$	3.10E+01	1.08E+12	2.01E+13	1.34E+13	3.35E+13	1.6
Productos									
14	Maíz		J	1.70E+11					
Emergía total (Y)								2.11E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.11. Precipitación anual = 0.612 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Labores realizadas: 1 siembra; 1 fertilización; 1 pulverización terrestre; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 (Maquinaria).

**8 Semillas:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 20 kg/ha/año.

**9 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 200 Kg Urea/ha/año.

**10 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 60 kg Fosfato Diamónico/ha.año.

**11 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 2.5 kg Glifosato /ha.año y 0.4 kg Cipermetrina/ha.año.

**12 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Sembradora = 9.99 US\$; Pulverizadora terrestre = 3.8 US\$; Fertilizadora = 3.4 US\$; Cosechadora = 8.1 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**13 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 0.73 US\$ /kg y 8684 kg/ha..

**14 Maíz:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 8684 kg/ha/año.

**Tabla A.14. Evaluación emergética de maíz en PG, 2009.**

Nota	Item	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.47E+13	1	4.47E+13	0.00E+00	4.47E+13	
2	Lluvia	1	J	3.54E+10	3.10E+04	1.10E+15	0.00E+00	1.10E+15	47.4
3	Viento	1	J	1.08E+09	2.45E+03	2.66E+12	0.00E+00	2.66E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	1.59E+09	7.24E+04	0.00E+00	1.15E+14	1.15E+14	5.0
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	1.72E+09	1.11E+05	1.90E+12	1.88E+14	1.90E+14	8.2
7	Maquinaria	0.05	kg	2.24E+00	1.13E+13	1.26E+12	2.40E+13	2.53E+13	1.1
8	Semillas	0.01	kg	2.00E+01	1.00E+13	2.00E+12	1.98E+14	2.00E+14	8.6
9	Nitrógeno	0.01	kg	9.20E+01	3.90E+12	3.59E+12	3.55E+14	3.59E+14	15.5
10	Fósforo	0.01	kg	1.21E+01	4.60E+12	5.55E+11	5.49E+13	5.55E+13	2.4
11	Pesticidas	0.01	J	2.57E+09	6.60E+04	1.69E+12	1.68E+14	1.69E+14	7.3
Lab. y serv.(S)									
12	Labores	0.6	US\$	7.13E+01	1.08E+12	4.62E+13	3.08E+13	7.70E+13	3.3
13	Servicios	0.6	US\$	2.52E+01	1.08E+12	1.63E+13	1.09E+13	2.72E+13	1.2
Productos									
14	Maíz (E)		J	1.19E+11					
Emergía total (Y)								2.32E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.11. Precipitación anual = 0.716 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Labores realizadas: 1 siembra; 2 pulverización terrestre; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 (Maquinaria).

**8 Semillas:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie Tabla .1. 20 kg/ha/año.

**9 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 200 Kg Urea/ha/año.

**10 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 60 kg Fosfato Diamónico/ha.año.

**11 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 4 kg Atrazina/ha/año; 4 kg Glifosato /ha.año.

**12 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Sembradora = 24.47 US\$; Pulverizadora terrestre = 11 US\$; Fertilizadora = 4.85 US\$; Cosechadora = 24.8 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**13 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 0.108 US\$ /kg y 11197 kg/ha..

**14 Maíz:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 11197 kg/ha/año.

**Tabla A.15. Evaluación emergética de maíz en PG, 2010.**

Nota	Item	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.47E+13	1	4.47E+13	0.00E+00	4.47E+13	
2	Lluvia	1	J	6.28E+10	3.10E+04	1.95E+15	0.00E+00	1.95E+15	61.1
3	Viento	1	J	1.08E+09	2.45E+03	2.66E+12	0.00E+00	2.66E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	1.59E+09	7.24E+04	0.00E+00	1.15E+14	1.15E+14	3.6
Materiales (M)									
6	Comb.y Lubr.	0.01	J	2.13E+09	1.11E+05	2.36E+12	2.34E+14	2.36E+14	7.4
7	Maquinaria	0.05	kg	2.62E+00	1.13E+13	1.48E+12	2.80E+13	2.95E+13	0.9
8	Semillas	0.01	kg	2.00E+01	1.00E+13	2.00E+12	1.98E+14	2.00E+14	6.3
9	Nitrógeno	0.01	kg	9.20E+01	3.90E+12	3.59E+12	3.55E+14	3.59E+14	11.3
10	Fósforo	0.01	kg	1.21E+01	4.60E+12	5.55E+11	5.49E+13	5.55E+13	1.7
11	Pesticidas	0.01	J	1.74E+09	6.60E+04	1.15E+12	1.13E+14	1.15E+14	3.6
Lab. y serv.(S)									
12	Labores	0.6	US\$	8.71E+01	1.08E+12	5.64E+13	3.76E+13	9.41E+13	3.0
13	Servicios	0.6	US\$	3.43E+01	1.08E+12	2.23E+13	1.48E+13	3.71E+13	1.2
Productos									
14	Maíz (E)		J	2.69E+11					
Emergía total (Y)								3.19E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.11. Precipitación anual = 1.272 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Labores realizadas: 1 siembra; 3 pulverizaciones terrestres; 1 fertilización; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 (Maquinaria).

**8 Semillas:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 20 kg/ha/año.

**9 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 200 Kg Urea/ha/año.

**10 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 60 kg Fosfato Diamónico/ha/año.

**11 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 3 kg Atrazina/ha/año; 2.5 kg Glifosato /ha/año, 0.13 kg Dicamba/ha/año.

**12 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Sembradora = 24.47 US\$; Pulverizadora terrestre = 11 US\$; Fertilizadora = 4.85 US\$; Cosechadora = 24.8 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**13 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 0.121 US\$ /kg y 13744 kg/ha.

**14 Maíz:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 13744 kg/ha/año.

**Tabla A.16. Evaluación emergética de trigo/soja en PG, 2006.**

Nota	Item	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.47E+13	1	4.47E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	3.80E+10	3.10E+04	1.18E+15	0.00E+00	1.18E+15	35.1
3	Viento	1	J	1.08E+09	2.45E+03	2.66E+12	0.00E+00	2.66E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	1.59+09	7.24E+04	0.00E+00	7.68E+13	1.15E+14	3.4
Materiales (M)									
6	Comb.y Lubr.	0.01	J	3.42E+09	1.11E+05	3.80E+12	3.76E+14	3.8E+14	11.3
7	Maquinaria	0.05	kg	2.16E+00	1.13E+13	1.21E+12	2.31E+13	2.4E+13	0.7
8	Semillas Soja	0.01	kg	8.00E+01	1.00E+13	8.00E+12	7.92E+14	8.0E+14	23.8
9	Semillas Trigo	0.01	kg	1.30E+02	1.00E+12	1.30E+12	1.29E+14	1.3E+14	4
10	Nitrógeno	0.01	kg	8.05E+01	3.90E+12	3.14E+12	3.11E+14	3.1E+14	3.87
11	Fósforo	0.01	kg	1.21E+01	4.60E+12	5.55E+11	5.49E+13	5.5E+13	9.4
12	Pesticidas	0.01	J	4.03E+09	6.60E+04	2.66E+12	2.63E+14	2.7E+14	1.7
Lab. y serv.(S)									
13	Labores	0.6	US\$	4.69E+01	1.08E+12	3.04E+13	2.03E+13	5.07E+13	7.9
14	Servicios	0.6	US\$	3.98E+01	1.08E+12	2.58E+13	1.72E+13	4.30E+13	1.5
Productos									
15	Soja		J	4.81E+10					
15	Trigo		J	4.97E+10					
	Total (E)		J	9.78E+10					
Emergía total (Y)								3.36E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.11. Precipitación anual = 0.769 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie Tabla A.11.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. Labores realizadas: 2 siembras; 4 pulverizaciones terrestres; 1 fertilización; 2 cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. y en los mismos datos del 7 (Maquinaria) de esta tabla.

**8 Semillas de soja:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie Tabla A.6, 80 kg/ha/año.

**9 Semillas de trigo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie Tabla A.6. 130 kg/ha/año.

**10 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.6. 175 kg Urea/ha/año.

**11 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.6. 60 kg Superfosfato Triple/ha/año.

**12 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.6. 7.5 kg Glifosato/ha/año, 0.1kg Cipermetrina/ha/año, 0.2 kg Estrobilurina ha/año, 0.8 kg Endosulfán /ha/año .

**13 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. Sembradora = 9.9 US\$; Pulverizadora terrestre = 3.79 US\$; Fertilizadora = 3.43 US\$; Cosechadora = 8.07 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**14 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.6. Soja = 0.480 US\$ /kg y 3147 kg/ha. Trigo = 0.105 US\$ /kg y 3601kg/ha.

**15 Soja:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 3147 kg/ha/año

**15 Trigo:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 3601 kg/ha/año.

**Tabla A.17. Evaluación emergética de trigo/soja en PG, 2007.**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.47E+13	1	4.47E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	5.87E+10	3.10E+04	1.82E+15	0.00E+00	1.82E+15	44.5
3	Viento	1	J	1.08E+09	2.45E+03	2.66E+12	0.00E+00	2.66E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	1.59+09	7.24E+04	0.00E+00	7.68E+13	1.15E+14	2.8
Materiales (M)									
6	Combustibles y Lubr.	0.01	J	3.51E+09	1.11E+05	3.89E+12	3.85E+14	3.9E+14	9.5
7	Maquinaria	0.05	kg	2.17E+00	1.13E+13	1.22E+12	2.32E+13	2.4E+13	0.6
8	Semillas Soja	0.01	kg	8.00E+01	1.00E+13	8.00E+12	7.92E+14	8.0E+14	19.57
9	Semillas Trigo	0.01	kg	1.30E+02	1.00E+12	1.30E+12	1.29E+14	1.3E+14	3.18
10	Nitrógeno	0.01	kg	8.05E+01	3.90E+12	3.14E+12	3.11E+14	3.1E+14	7.7
11	Fósforo	0.01	kg	1.21E+01	4.60E+12	5.55E+11	5.49E+13	5.5E+13	1.4
12	Pesticidas	0.01	J	5.17E+09	6.60E+04	3.41E+12	3.38E+14	3.41E+14	8.3
Lab.y serv. (S)									
13	Labores	0.6	US\$	5.80E+01	1.08E+12	3.76E+13	2.50E+13	6.26E+13	1.5
14	Servicios	0.6	US\$	3.18E+01	1.08E+12	2.06E+13	1.37E+13	3.44E+13	0.8
Productos									
15	Soja		J	3.55E+10					
15	Trigo		J	3.86E+10					
	Total (E)		J	7.41E+10					
Emergía total (Y)								4.09E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.11. Precipitación anual = 1.188 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. Labores realizadas: 2 siembras; 5 pulverizaciones terrestres; 1 fertilización; 2 cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. y en los mismos datos del 7 (Maquinaria) de esta tabla.

**8 Semillas de soja:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 80 kg/ha/año.

**9 Semillas de trigo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 130 kg/ha/año.

**10 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 175 kg Urea/ha/año.

**11 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6 60 kg Superfosfato Triple/ha/año.

**12 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 10.5 kg Glifosato/ha/año, 0.15kg Cipermetrina/ha/año; 0.8 kg kg/ha/año.

**13 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Sembradora = 9.9 US\$; Pulverizadora terrestre = 3.79 US\$; Fertilizadora = 3.43 US\$; Cosechadora = 8.07 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**14 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. Soja = 0.501 US\$ /kg y 2320 kg/ha. Trigo = 0.117 US\$ /kg y 2798 kg/ha.

**15 Soja:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 2320 kg/ha/año

**15 Trigo:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 2798 kg/ha/año.

**Tabla A.18. Evaluación emergética de trigo/soja en PG, 2008.**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.47E+13	1	4.47E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	3.06E+10	3.10E+04	9.47E+14	0.00E+00	9.47E+14	30.2
3	Viento	1	J	1.08E+09	2.45E+03	2.66E+12	0.00E+00	2.66E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd.Neta de Suelo	0	J	1.59+09	7.24E+04	0.00E+00	7.68E+13	1.15E+14	3.7
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	3.51E+09	1.11E+05	3.89E+12	3.85E+14	3.89E+14	12.4
7	Maquinaria	0.05	kg	1.19E+00	1.13E+13	6.68E+11	1.27E+13	1.34E+13	0.4
8	Semillas Soja	0.01	kg	8.00E+01	1.00E+13	8.00E+12	7.92E+14	8.00E+14	25.5
9	Semillas Trigo	0.01	kg	1.30E+02	1.00E+12	1.30E+12	1.29E+14	1.30E+14	4.15
10	Nitrógeno	0.01	kg	8.05E+01	3.90E+12	3.14E+12	3.11E+14	3.14E+14	10.0
11	Fósforo	0.01	kg	1.21E+01	4.60E+12	5.55E+11	5.49E+13	5.55E+13	1.8
12	Pesticidas	0.01	J	4.10E+09	6.60E+04	2.71E+12	2.68E+14	2.71E+14	8.6
Lab.y serv.(S)									
13	Labores	0.6	US\$	5.83E+01	1.08E+12	3.78E+13	2.52E+13	6.30E+13	2.0
14	Servicios	0.6	US\$	3.33E+01	1.08E+12	2.16E+13	1.44E+13	3.60E+13	1.1
Productos									

15	Soja	J	2.57E+10	
15	Trigo	J	4.72E+10	
	Total (E)	J	7.29E+10	
Emergía total (Y)				3.13E+15 100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.11. Precipitación anual = 0.619 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. Labores realizadas: 2 siembras; 5 pulverizaciones terrestres; 1 fertilización; 2 cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. y en los mismos datos del 7 (Maquinaria) de esta tabla.

**8 Semillas de soja:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 80 kg/ha/año.

**9 Semillas de trigo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 130 kg/ha/año.

**10 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 175 Kg Urea/ha/año.

**11 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 60 kg Superfosfato Triple/ha/año.

**12 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 8 kg Glifosato/ha/año, 0.20 kg Cipermetrina/ha/año; 0.8 kg Endosulfán/ha/año; 0.01 kg Metsulfurón /ha/año; 0.1 kg Dicamba/ha/año..

**13 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. Sembradora = 9.9 US\$; Pulverizadora terrestre = 3.79 US\$; Fertilizadora = 3.43 US\$; Cosechadora = 8.07 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**14 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. Soja = 0.590 US\$/kg y 1680 kg/ha. Trigo = 0.168 US\$ kg y 3417 kg/ha.

**15 Soja:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 1680 kg/ha/año

**15 Trigo:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 3417 kg/ha/año.

**Tabla A.19. Evaluación emergética de trigo/soja en PG, 2009.**

Nota	Item	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.47E+13	1	4.47E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	3.54E+10	3.10E+04	1.10E+15	0.00E+00	1.10E+15	32.4
3	Viento	1	J	1.08E+09	2.45E+03	2.66E+12	0.00E+00	2.66E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérdida Neta de Suelo	0	J	1.59+09	7.24E+04	0.00E+00	7.68E+13	1.15E+14	3.4
Materiales (M)									
6	Comb.y Lubr.	0.01	J	3.59E+09	1.11E+05	3.98E+12	3.94E+14	3.98E+14	11.7
7	Maquinaria	0.05	kg	2.19E+00	1.13E+13	1.23E+12	2.34E+13	2.46E+13	0.7
8	Semillas Soja	0.01	kg	8.00E+01	1.00E+13	8.00E+12	7.92E+14	8.00E+14	23.6
9	Semillas Trigo	0.01	kg	1.40E+02	1.00E+12	1.40E+12	1.39E+14	1.40E+14	4.13

10	Nitrógeno	0.01	kg	8.05E+01	3.90E+12	3.14E+12	3.11E+14	3.14E+14	9.3
11	Fósforo	0.01	kg	1.21E+01	4.60E+12	5.55E+11	5.49E+13	5.55E+13	1.6
12	Pesticidas	0.01	J	4.68E+09	6.60E+04	3.09E+12	3.06E+14	3.09E+14	9.1
	Lab. y serv.(S)								
13	Labores	0.6	US\$	9.32E+01	1.08E+12	6.04E+13	4.03E+13	1.01E+14	3.0
14	Servicios	0.6	US\$	3.14E+01	1.08E+12	2.10E+13	1.40E+13	3.50E+13	1.0
	Productos								
15	Soja		J	2.02E+10					
15	Trigo		J	4.28E+10					
	Total (E)		J	6.30E+10					
	Emergía total (Y)							3.39E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.11. Precipitación anual = 0.716 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. Labores realizadas: 2 siembras; 6 pulverizaciones terrestres; 1 fertilización; 2 cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. y en los mismos datos del 7 (Maquinaria) de esta tabla.

**8 Semillas de soja:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 80 kg/ha/año.

**9 Semillas de trigo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 140 kg/ha/año.

**10 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 175 Kg Urea/ha/año.

**11 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 60 kg Superfosfato Triple/ha/año.

**12 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 8.5 kg Glifosato/ha/año, 0.4 kg Estrobilurina/ha/año; 0.20 kg Cipermetrina/ha/año; 1.6 kg Endosulfán /ha/año; 0.01 kg Metsulfurón /ha/año; 0.1 kg Dicamba/ha/año.

**13 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. Sembradora = 24.47 US\$; Pulverizadora terrestre = 10.9 US\$; Fertilizadora = 4.85 US\$; Cosechadora = 24.8 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**14 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. Soja = 0.590 US\$ /kg y 1680 kg/ha. Trigo = 0.168 US\$ /kg y 3417 kg/ha.

**15 Soja:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 1680 kg/ha/año

**15 Trigo:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 3417 kg/ha/año.

**Tabla A.20. Evaluación emergética de trigo/soja en PG, 2009.**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.47E+13	1	4.47E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	6.28E+10	3.10E+04	1.95E+15	0.00E+00	1.95E+15	44.5
3	Viento	1	J	1.08E+09	2.45E+03	2.66E+12	0.00E+00	2.66E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									

5	Pérdida Neta de Suelo	0	J	1.59+09	7.24E+04	0.00E+00	7.68E+13	1.15E+14	2.6	
	Materiales (M)									
6	Comb.y Lubr.	0.01	J	3.51E+09	1.11E+05	3.98E+12	3.94E+14	3.98E+14	8.9	
7	Maquinaria	0.05	kg	2.17E+00	1.13E+13	1.22E+12	2.32E+13	2.44E+13	0.6	
8	Semillas Soja	0.01	kg	8.00E+01	1.00E+13	8.00E+12	7.92E+14	8.00E+14	18.3	
9	Semillas Trigo	0.01	kg	1.40E+02	1.00E+12	1.40E+12	1.39E+14	1.40E+14	3.1	
10	Nitrógeno	0.01	kg	8.05E+01	3.90E+12	3.14E+12	3.11E+14	3.14E+14	7.2	
11	Fósforo	0.01	kg	1.21E+01	4.60E+12	5.55E+11	5.49E+13	5.55E+13	1.3	
12	Pesticidas	0.01	J	5.43E+09	6.60E+04	3.58E+12	3.55E+14	3.58E+14	8.2	
	Lab. y serv.(S)									
13	Labores	0.6	US\$	1.58E+02	1.08E+12	1.03E+14	6.84E+13	1.71E+14	3.9	
14	Servicios	0.6	US\$	5.83E+01	1.08E+12	3.78E+13	2.52E+13	6.30E+13	1.4	
	Productos									
15	Soja		J	3.37E+10						
15	Trigo		J	5.82E+10						
	Total (E)									
			J	9.19E+10						
	Emergía total (Y)							4.38E+15	100	

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.11. Precipitación anual = 1.272 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. Labores realizadas: 2 siembras; 5 pulverizaciones terrestres; 1 fertilización; 2 cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. y en los mismos datos del 7 (Maquinaria) de esta tabla.

**8 Semillas de soja:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 80 kg/ha/año.

**9 Semillas de trigo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 140 kg/ha/año.

**10 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 175 Kg Urea/ha/año.

**11 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 60 kg Superfosfato Triple/ha/año.

**12 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 11 kg Glifosato/ha/año; 0.3 kg Estrobilurina/ha/año; 0.15 kg Cipermetrina/ha/año; 0.8 kg Endosulfán /ha/año; 0.01 kg Metsulfurón /ha/año.

**13 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. Sembradora = 24.47 US\$; Pulverizadora terrestre = 10.9 US\$; Fertilizadora = 4.85 US\$; Cosechadora = 24.8 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**14 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. Soja = 0.880 US\$/kg y 1320 kg/ha. Trigo = 0.178 US\$/kg y 4217 kg/ha.

**15 Soja:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 1320 kg/ha/año

**15 Trigo:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 4217 kg/ha/año.

**Tabla A.21. Evaluación emergética de maíz en MC, 2006.**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Dato Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
------	------	-----------------------	----------------	-------------------------	-------------------------	----------------------	-----------------------------	----------------------------------	---

Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.47E+13	1	4.47E+13	0.00E+00	4.47E+13	
2	Lluvia	1	J	4.03E+10	3.10E+04	1.25E+15	0.00E+00	1.25E+15	58.3
3	Viento	1	J	1.08E+09	2.45E+03	2.66E+12	0.00E+00	2.66E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	6.51E+08	7.24E+04	0.00E+00	4.72E+13	4.72E+13	2.2
Materiales (M)									
6	Comb.y Lubr.	0.01	J	2.38E+09	1.11E+05	2.63E+12	2.61E+14	2.63E+14	12.3
7	Maquinaria	0.05	kg	2.27E+00	1.13E+13	1.28E+12	2.43E+13	2.56E+13	1.2
8	Semillas	0.01	kg	2.00E+01	1.00E+13	2.00E+11	1.98E+13	2.00E+13	0.9
9	Nitrógeno	0.01	kg	6.46E+01	3.90E+12	2.52E+12	2.50E+14	2.52E+14	11.8
10	Pesticidas	0.01	J	3.59E+09	6.60E+04	2.37E+12	2.34E+14	2.37E+14	0.0
Lab. y serv.(S)									
11	Labores	0.6	US\$	2.63E+01	1.08E+12	1.71E+13	1.14E+13	2.85E+13	1.3
12	Servicios	0.6	US\$	1.92E+01	1.08E+12	1.24E+13	8.27E+12	2.07E+13	1.0
Productos									
13	Maíz (E)		J	2.10E+11					
Emergía total (Y)								2.14E+15	100

**1 Radiación solar:** Energía recibida sobre la superficie= Superficie del área \* Radiación anual \* (1-albedo). Irradiación solar Global Diaria sobre un plano horizontal (para la zona de Montecristo, promedio histórico) = 4.25 kWh/m<sup>2</sup>/día (Grossi Gallegos y Spreafichi, 2008). Superficie del área= 10000 m<sup>2</sup>. kWh/m<sup>2</sup>/día = 3.60M J/m<sup>2</sup>.día; 1 MJ = 10000000 J. Energía recibida sobre la superficie = 4.25 kWh/m<sup>2</sup>/día \* 3.60 MJ/m<sup>2</sup>/día/kWh \* 10000000 J/MJ \* 365 días/año \* 10000 m<sup>2</sup>/ha (1-0.2) (1-20% albedo expresado en decimal) = 4.47E+13 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.11. Precipitación anual = 0.816 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.11. Velocidad del viento (promedio histórico) = 2.64 m/s (Secretaría de Minería de la Nación, 2011).

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Pérdida de energía por erosión = tasa de erosión \* superficie del área \* % materia orgánica del suelo\* contenido energético de la materia orgánica. Tasa de erosión = 0.13 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio 5 años) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 2.14 (promedio 5 años); Contenido energético de la materia orgánica = 5400 kcal/kg (Odum, 1996); 1 kcal = 4186.8 J/kcal. Pérdida neta de suelo: 0.16 kg/m<sup>2</sup>/año \* 10000 m<sup>2</sup> \* 0.0214 \* 5400 kcal/kg \* 4186.8 J/kcal = 6.51E+08 J. Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Labores realizadas: 1 siembra; 4 pulverizaciones terrestres; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 (Maquinaria).

**8 Semillas:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 20 kg/ha/año.

**9 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 104 Kg Urea/ha/año.

**10 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 5 kg Atrazina/ha/año; 5.5kg Glifosato/ha/año; 0.46 kg 2.4D /ha/año; 1.1 kg Metolaclor/ha/año.

**11 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Sembradora = 9.99 US\$; Pulverizadora terrestre = 3.8 US\$; Fertilizadora = 3.4 US\$; Cosechadora = 8.1 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**12 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 0.0846 US\$/kg y 10700 kg/ha.

**13 Maíz:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 10700 kg/ha/año.

**Tabla A.22. Evaluación emergética de maíz en MC, 2007.**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.47E+13	1	4.47E+13	0.00E+00	4.47E+13	
2	Lluvia	1	J	4.13E+10	3.10E+04	1.82E+15	0.00E+00	1.28E+15	57.8
3	Viento	1	J	1.08E+09	2.45E+03	2.66E+12	0.00E+00	2.66E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd.Neta de Suelo	0	J	6.51E+09	7.24E+04	0.00E+00	4.72E+13	4.72E+13	2.1
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	1.72E+09	1.11E+05	1.90E+12	1.88E+14	1.90E+14	8.6
7	Maquinaria	0.05	kg	2.24E+00	1.13E+13	1.26E+12	2.40E+13	2.53E+13	1.1
8	Semillas	0.01	kg	2.00E+01	1.00E+13	2.00E+12	1.98E+14	2.00E+14	9.0
9	Nitrógeno	0.01	kg	7.13E+01	3.90E+12	3.59E+12	2.78E+12	2.75E+14	12.6
10	Pesticidas	0.01	J	2.17E+09	6.60E+04	7.46E+11	1.43E+12	1.42E+14	6.5
Lab. y serv.(S)									
11	Labores	0.6	US\$	2.48E+01	1.08E+12	1.61E+13	1.07E+13	2.68E+13	1.2
12	Servicios	0.6	US\$	2.05E+01	1.08E+12	1.33E+13	8.86E+13	2.22E+13	1.0
Productos									
13	Maíz (E)		J	1.58E+11					
Emergía total (Y)								2.21E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.11. Precipitación anual = 0.836 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Labores realizadas: 1 siembra; 2 pulverizaciones terrestres; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 (Maquinaria).

**8 Semillas:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 20 kg/ha/año.

**9 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 155 Kg Urea/ha/año.

**10 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla B.1. 3.11 kg Glifosato /ha/año; 1.87 kg Atrazina/ha/año; 1.38 kg 2.4D/ha/año; 0.91 kg Metolaclor/ha/año.

**11 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Sembradora = 9.99 US\$; Pulverizadora terrestre = 3.8 US\$; Fertilizadora = 3.4 US\$; Cosechadora = 8.1 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**12 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 0.121 US\$/kg y 8052 kg/ha.

**13 Maíz:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 8052 kg/ha/año.

**Tabla A.23. Evaluación emergética de maíz en MC, 2008.**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.47E+13	1	4.47E+13	0.00E+00	4.47E+13	
2	Lluvia	1	J	2.59E+10	3.10E+04	8.04E+14	0.00E+00	8.04E+14	48.3
3	Viento	1	J	1.08E+09	2.45E+03	2.66E+12	0.00E+00	2.66E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	6.51E+08	7.24E+04	0.00E+00	4.72E+14	4.72E+14	2.8
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	2.05E+09	1.11E+05	2.27E+12	2.25E+14	2.27E+14	13.6
7	Maquinaria	0.05	kg	2.26E+00	1.13E+13	1.27E+12	2.41E+13	2.54E+13	1.5
8	Semillas	0.01	kg	2.00E+01	1.00E+13	2.00E+12	1.98E+14	2.00E+14	12
9	Nitrógeno	0.01	kg	4.51E+01	3.90E+12	1.76E+12	1.74E+14	1.76E+14	10.6
10	Pesticidas	0.01	J	1.87E+09	6.60E+04	1.24E+12	1.22E+14	1.24E+14	7.4
Lab. y serv.(S)									
11	Labores	0.6	US\$	2.56E+01	1.08E+12	1.66E+13	1.10E+13	2.76E+13	1.7
12	Servicios	0.6	US\$	3.02E+01	1.08E+12	1.95E+13	1.34E+13	3.16E+13	2.0
Productos									
13	Maíz (E)		J	1.65E+11					
Emergía total (Y)								1.66E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.11. Precipitación anual = 0.525 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Labores realizadas: 1 siembra; 3 pulverizaciones terrestres; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 (Maquinaria).

**8 Semillas:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 20 kg/ha/año.

**9 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 98 Kg Urea/ha/año.

**10 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 2.1 kg Atrazina/ha/año; 2.47 kg Glifosato /ha/año; 0.37 kg Atrazina/ha/año; 0.5 kg Estrobilurina/ha/año; 1 kg Cipermetrina/ha/año.

**11 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Sembradora = 9.99 US\$; Pulverizadora terrestre = 3.8 US\$; Fertilizadora = 3.4 US\$; Cosechadora = 8.1 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**12 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 0.73 US\$/kg y 8425 kg/ha.

**13 Maíz:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 8425 kg/ha/año.

**Tabla A.24. Evaluación emergética de maíz en MC, 2009.**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.47E+13	1	4.47E+13	0.00E+00	4.47E+13	
2	Lluvia	1	J	3.08E+10	3.10E+04	9.54E+14	0.00E+00	9.54E+14	50.3
3	Viento	1	J	1.08E+09	2.45E+03	2.66E+12	0.00E+00	2.66E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	6.51E+08	7.24E+04	0.00E+00	4.72E+13	4.52E+13	2.5
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	2.38E+09	1.11E+05	2.63E+12	2.61E+14	2.63E+14	13.9
7	Maquinaria	0.05	kg	2.27E+00	1.13E+13	1.28E+12	2.43E+13	2.56E+13	1.3
8	Semillas	0.01	kg	2.00E+01	1.00E+13	2.00E+12	1.98E+14	2.00E+14	10.5
9	Nitrógeno	0.01	kg	5.06E+01	3.90E+12	1.97E+12	1.95E+14	1.97E+14	10.4
10	Pesticidas	0.01	J	1.87E+09	6.60E+04	1.23E+12	1.22E+14	1.23E+14	6.5
Lab. y serv.(S)									
11	Labores	0.6	US\$	7.13E+01	1.08E+12	4.62E+13	3.08E+13	7.70E+13	4.1
12	Servicios	0.6	US\$	8.32E+00	1.08E+12	5.39E+12	3.59E+12	8.98E+12	0.5
Productos									
13	Maíz (E)		J	6.63E+10					
Emergía total (Y)								1.90E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.11. Precipitación anual = 0.623 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Labores realizadas: 1 siembra; 4 pulverizaciones terrestres; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 (Maquinaria).

**8 Semillas:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie Tabla .1. 20 kg/ha/año.

**9 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 110 kg Urea/ha/año.

**10 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 1.5 kg Atrazina/ha/año; 2.4 kg Glifosato /ha/año; 2 kg 2.4D/ha/año; 0.5 kg Estrotilurina/ha/año; 1 kg Metolaclor/ha/año.

**11 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Sembradora = 24.47 US\$; Pulverizadora terrestre = 11 US\$; Fertilizadora = 4.85 US\$; Cosechadora = 24.8 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**12 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 0.108 US\$/kg y 3382 kg/ha.

**13 Maíz:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. 3382 kg/ha/año.

Tabla A.25. Evaluación emergética de maíz en MC, 2010.

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.47E+13	1	4.47E+13	0.00E+00	4.47E+13	
2	Lluvia	1	J	3.54E+10	3.10E+04	1.10E+15	0.00E+00	1.10E+15	54.6
3	Viento	1	J	1.08E+09	2.45E+03	2.66E+12	0.00E+00	2.66E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	6.51E+08	7.24E+04	0.00E+00	4.72E+13	4.72E+13	2.3
Materiales (M)									
6	Comb.y Lubr.	0.01	J	2.05E+09	1.11E+05	2.27E+12	2.25E+14	2.27E+14	11.3
7	Maquinaria	0.05	kg	2.26E+00	1.13E+13	1.27E+12	2.41E+13	2.54E+13	1.3
8	Semillas	0.01	kg	2.00E+01	1.00E+13	2.00E+12	1.98E+14	2.00E+14	9.9
9	Nitrógeno	0.01	kg	4.55E+01	3.90E+12	1.78E+12	1.76E+14	1.78E+14	8.8
10	Fósforo	0.01	kg	1.05E+01	4.60E+12	4.81E+11	4.76E+13	4.81E+13	2.4
11	Pesticidas	0.01	J	1.22E+09	6.60E+04	8.08E+11	8.00E+13	8.00E+13	4.0
Lab. y serv.(S)									
12	Labores	0.6	US\$	8.23E+01	1.08E+12	5.33E+13	3.55E+13	8.88E+13	4.4
13	Servicios	0.6	US\$	1.79E+01	1.08E+12	1.16E+13	7.73E+12	1.93E+13	1.0
Productos									
14	Maíz (E)		J	1.36E+11					
Emergía total (Y)								2.01E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.11. Precipitación anual = 0.717 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Labores realizadas: 1 siembra; 3 pulverizaciones terrestres; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 (Maquinaria).

**8 Semillas:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 20 kg/ha/año.

**9 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 88 Kg Urea/ha/año.

**10 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 52 kg Fosfato Diamónico/ha.año<sup>-1</sup>.

**11 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 1.5 kg Atrazina/ha/año; 1.32 kg Glifosato /ha/año, 0.81 kg 2.4D /ha/año; 1 kg Metolaclor/ha/año.

**12 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Sembradora = 24.47 US\$; Pulverizadora terrestre = 11 US\$; Fertilizadora = 4.85 US\$; Cosechadora = 24.8 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**13 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 0.121 US\$ /kg y 6963 kg/ha.

**14 Maíz:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.1. 6963 kg/ha/año.

Tabla A.26. Evaluación emergética de trigo/soja en MC, 2006.

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.47E+13	1	4.47E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.03E+10	3.10E+04	1.25E+15	0.00E+00	1.25E+15	41.5
3	Viento	1	J	1.08E+09	2.45E+03	2.66E+12	0.00E+00	2.66E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	6.51+08	7.24E+04	0.00E+00	4.72E+13	4.72E+13	1.6
Materiales (M)									
6	Comb.y Lubr.	0.01	J	3.59E+09	1.11E+05	3.98E+12	3.94E+14	4.0E+14	13.1
7	Maquinaria	0.05	kg	2.15E+00	1.13E+13	1.21E+12	2.30E+13	2.4E+13	0.8
8	Semillas Soja	0.01	kg	6.75E+01	1.00E+13	6.75E+12	6.68E+14	6.8E+14	22.4
9	Semillas Trigo	0.01	kg	1.00E+02	1.00E+12	1.00E+12	9.90E+13	1.0E+14	3.32
10	Fósforo	0.01	kg	1.21E+01	4.60E+12	5.55E+11	5.49E+13	5.5E+13	1.8
11	Pesticidas	0.01	J	4.41E+09	6.60E+04	2.91E+12	2.88E+14	2.9E+14	9.7
Lab. y serv.(S)									
12	Labores	0.6	US\$	1.19E+02	1.08E+12	7.70E+13	5.13E+13	1.3E+14	4.3
13	Servicios	0.6	US\$	3.85E+01	1.08E+12	2.50E+13	1.66E+13	4.2E+13	1.4
Productos									
14	Soja		J	5.31E+10					
14	Trigo		J	2.05E+10					
	Total (E)		J	7.37E+10					
Emergía total (Y)								3.0E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.11. Precipitación anual = 0.816 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. Labores realizadas: 2 siembras; 6 pulverizaciones terrestres; 1 fertilización; 2 cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. y en los mismos datos del 7 (Maquinaria) de esta tabla.

**8 Semillas de soja:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6, 67.5 kg/ha/año.

**9 Semillas de trigo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 100 kg/ha/año.

**10 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 60 kg Superfosfato Triple/ha/año.

**11 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 0.87 kg 2.4D/ha/año; 9 kg Glifosato/ha/año, 0.43kg Cipermetrina/ha/año, 0.14 kg Estrobulurina ha/año, 0.9 kg Endosulfán /ha/año; 0.01 kg Metsulfurón/ha/año.

**12 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. Sembradora = 9.9 US\$; Pulverizadora terrestre = 3.79 US\$; Fertilizadora = 3.43 US\$; Cosechadora = 8.07 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**13 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. Soja = 0.480 US\$/kg y 3477 kg/ha. Trigo = 0.105 US\$/kg y 1486 kg/ha.

**14 Soja:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 3477 kg/ha/año

**14 Trigo:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 1486 kg/ha/año.

**Tabla A.27. Evaluación emergética de trigo/soja en MC, 2007.**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.47E+13	1	4.47E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.13E+10	3.10E+04	1.28E+15	0.00E+00	1.28E+15	36.9
3	Viento	1	J	1.08E+09	2.45E+03	2.66E+12	0.00E+00	2.66E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	6.51+08	7.24E+04	0.00E+00	4.72E+13	4.72E+13	1.4
Materiales (M)									
6	Combustibles y Lubr.	0.01	J	3.18E+09	1.11E+05	3.52E+12	3.49E+14	3.5E+14	10.2
7	Maquinaria	0.05	kg	2.14E+00	1.13E+13	1.20E+12	2.29E+13	2.4E+13	0.7
8	Semillas Soja	0.01	kg	9.40E+01	1.00E+13	9.40E+12	9.31E+14	9.4E+14	27.1
9	Semillas Trigo	0.01	kg	9.40E+01	1.00E+12	9.40E+11	9.31E+13	9.4E+13	2.71
10	Nitrógeno	0.01	kg	3.54E+01	3.90E+12	1.38E+12	1.37E+14	1.4E+14	4.0
11	Pesticidas	0.01	J	7.43E+09	6.60E+04	4.91E+12	4.86E+14	4.9E+14	14.1
Lab.y serv. (S)									
12	Labores	0.6	US\$	4.73E+01	1.08E+12	3.07E+13	2.04E+13	5.1E+13	1.5
13	Servicios	0.6	US\$	4.79E+01	1.08E+12	3.11E+13	2.07E+13	5.2E+13	1.5
Productos									
14	Soja		J	6.07E+10					
14	Trigo		J	3.62E+10					
	Total (E)		J	9.69E+10					
Emergía total (Y)								3.47E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.11. Precipitación anual = 0.836 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. Labores realizadas: 2 siembras; 5 pulverizaciones terrestres; 2 cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. y en los mismos datos del 7 (Maquinaria) de esta tabla.

**8 Semillas de soja:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 94 kg/ha/año.

**9 Semillas de trigo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 94 kg/ha/año.

**10 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 77 kg Urea/ha/año.

**11 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.6. 14 kg Glifosato/ha/año, 0.51kg Cipermetrina/ha/año; 1.4 kg Estrobilurina/ha/año; 0.56 kg 2.4D/ha/año.

**12 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. Sembradora = 9.9 US\$; Pulverizadora terrestre = 3.79 US\$; Fertilizadora = 3.43 US\$; Cosechadora = 8.07 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**13 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.6. Soja = 0.501 US\$/kg y 3970 kg/ha. Trigo = 0.117 US\$/kg y 2620 kg/ha.

**14 Soja:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 3970 kg/ha/año

**14 Trigo:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 2320 kg/ha/año.

**Tabla A.28. Evaluación emergética de trigo/soja en MC, 2008.**

Nota	Ítem	Fracción Renovabl e	Unida d	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.47E+13	1	4.47E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	2.59E+10	3.10E+04	8.04E+14	0.00E+00	8.04E+14	27.4
3	Viento	1	J	1.08E+09	2.45E+03	2.66E+12	0.00E+00	2.66E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd.Neta de Suelo	0	J	6.51+08	7.24E+04	0.00E+00	4.72E+13	4.72E+13	1.6
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	3.75E+09	1.11E+05	4.16E+12	4.12E+14	4.16E+14	14.2
7	Maquinaria	0.05	kg	1.24E+00	1.13E+13	6.97E+11	1.32E+13	1.39E+13	0.5
8	Semillas Soja	0.01	kg	7.00E+01	1.00E+13	7.00E+12	6.93E+14	7.00E+14	23.8
9	Semillas Trigo	0.01	kg	1.30E+02	1.00E+12	1.30E+12	1.29E+14	1.30E+14	4.43
10	Nitrógeno	0.01	kg	8.05E+01	3.90E+12	3.14E+12	3.11E+14	3.14E+14	10.7
11	Fósforo	0.01	kg	1.21E+01	4.60E+12	5.55E+11	5.49E+13	5.55E+13	1.9
12	Pesticidas	0.01	J	4.88E+09	6.60E+04	3.12E+12	3.19E+14	3.12E+14	11.0
Lab.y serv.(S)									
13	Labores	0.6	US\$	6.97E+01	1.08E+12	4.51E+13	3.01E+13	7.52E+13	2.6
14	Servicios	0.6	US\$	5.55E+01	1.08E+12	3.60E+13	2.40E+13	6.00E+13	2.0
Productos									
15	Soja		J	5.80E+10					
15	Trigo		J	3.62E+10					
	Total (E)		J	9.41E+10					
Emergía total (Y)								2.94E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.11. Precipitación anual = 0.525 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie Tabla A.11.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. Labores realizadas: 2 siembras; 8 pulverizaciones terrestres; 1 fertilización; 2 cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. y en los mismos datos del 7 (Maquinaria) de esta tabla.

**8 Semillas de soja:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie Tabla A.6. 70 kg/ha/año.

**9 Semillas de trigo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie Tabla A.6. 130 kg/ha/año.

**10 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.6. 175 Kg Urea/ha/año.

**11 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.6. 60 kg Superfosfato Triple/ha/año.

**12 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.6. 9.5 kg Glifosato/ha/año, 0.28 kg Cipermetrina/ha/año; 0.71 Endosulfán kg/ha/año; 0.1 kg Dicamba /ha/año; 0.04 kg Metsulfurón /ha/año.

**13 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. Sembradora = 9.9 US\$; Pulverizadora terrestre = 3.79 US\$; Fertilizadora = 3.43 US\$; Cosechadora = 8.07 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**14 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.6. Soja = 0.590 US\$ kg y 3789 kg/ha. Trigo = 0.168 US\$/kg y 2620 kg/ha.

**15 Soja:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 3789 kg/ha/año

**15 Trigo:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 2620 kg/ha/año.

**Tabla A.29. Evaluación emergética de trigo/soja en MC, 2009.**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.47E+13	1	4.47E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	3.08E+10	3.10E+04	9.54E+14	0.00E+00	9.54E+14	30.4
3	Viento	1	J	1.08E+09	2.45E+03	2.66E+12	0.00E+00	2.66E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérdida Neta de Suelo	0	J	6.51+08	7.24E+04	0.00E+00	4.72E+13	4.72E+14	1.5
Materiales (M)									
6	Comb.y Lubr.	0.01	J	3.67E+09	1.11E+05	4.07E+12	4.04E+13	4.07E+14	13.0
7	Maquinaria	0.05	kg	2.20E+00	1.13E+13	1.24E+12	2.36E+13	2.48E+13	0.8
8	Semillas Soja	0.01	kg	6.80E+01	1.00E+13	6.80E+12	6.73E+14	6.80E+14	21.6
9	Semillas Trigo	0.01	kg	1.40E+02	1.00E+12	1.40E+12	1.39E+14	1.40E+14	4.46
10	Nitrógeno	0.01	kg	8.05E+01	3.90E+12	3.14E+12	3.11E+14	3.14E+14	10.0
11	Fósforo	0.01	kg	1.21E+01	4.60E+12	5.55E+11	5.49E+13	5.55E+13	1.8
12	Pesticidas	0.01	J	5.29E+09	6.60E+04	3.49E+12	3.45E+14	3.49E+14	11.1
Lab. y serv.(S)									
13	Labores	0.6	US\$	1.04E+02	1.08E+12	6.75E+13	4.50E+13	1.13E+14	3.6
14	Servicios	0.6	US\$	5.34E+01	1.08E+12	3.46E+13	2.31E+13	5.76E+13	1.8
Productos									
15	Soja		J	4.41E+10					
15	Trigo		J	2.05E+10					
	Total (E)		J	4.46E+10					

Emergía total (Y)

3.14E+15 100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.11. Precipitación anual = 0.623m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. Labores realizadas: 2 siembras; 5 pulverizaciones terrestres; 1 fertilización; 2 cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. y en los mismos datos del 7 (Maquinaria) de esta tabla.

**8 Semillas de soja:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 68 kg/ha/año.

**9 Semillas de trigo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 140 kg/ha/año.

**10 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 175 Kg Urea/ha/año.

**11 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 60 kg Superfosfato Triple/ha/año.

**12 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 9 kg Glifosato/ha/año, 0.26 kg Estrobilurina/ha/año; 0.22 kg Cipermetrina/ha/año; 0.01 kg Metsulfurón /ha/año.

**13 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. Sembradora = 24.47 US\$; Pulverizadora terrestre = 10.9 US\$; Fertilizadora = 4.85 US\$; Cosechadora = 24.8 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**14 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. Soja = 0.590 US\$/kg y 1570 kg/ha. Trigo = 0.168 US\$/kg y 1490 kg/ha.

**15 Soja:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 1570 kg/ha/año

**15 Trigo:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 1490 kg/ha/año.

**Tabla A.30. Evaluación emergética de trigo/soja en MC, 2009.**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.47E+13	1	4.47E+13	0.00E+00	4.55E+13	31.
2	Lluvia	1	J	3.54E+10	3.10E+04	1.10E+15	0.00E+00	1.10E+15	6
3	Viento	1	J	1.08E+09	2.45E+03	2.66E+12	0.00E+00	2.66E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérdida Neta de Suelo	0	J	6.51+08	7.24E+04	0.00E+00	4.72E+13	4.72E+14	1.4
Materiales (M)									
6	Comb.y Lubr.	0.01	J	3.51E+09	1.11E+05	3.98E+12	3.94E+14	3.98E+14	11.2
7	Maquinaria	0.05	kg	2.17E+00	1.13E+13	1.22E+12	2.32E+13	2.44E+13	0.7
8	Semillas Soja	0.01	kg	8.00E+01	1.00E+13	8.00E+12	7.92E+14	8.00E+14	23.0
9	Semillas Trigo	0.01	kg	1.40E+02	1.00E+12	1.40E+12	1.39E+14	1.40E+14	4.0
10	Nitrógeno	0.01	kg	8.05E+01	3.90E+12	3.14E+12	3.11E+14	3.14E+14	9.0

11	Fósforo	0.01	kg	1.21E+01	4.60E+12	5.55E+11	5.49E+13	5.55E+13	1.6
12	Pesticidas	0.01	J	5.43E+09	6.60E+04	3.58E+12	3.55E+14	3.58E+14	10.3
	Lab. y serv.(S)								
13	Labores	0.6	US\$	1.58E+02	1.08E+12	1.03E+14	6.84E+13	1.71E+14	4.9
14	Servicios	0.6	US\$	6.69E+01	1.08E+12	4.34E+13	2.89E+13	7.23E+13	2.1
	Productos								
15	Soja		J	2.86E+10					
15	Trigo		J	2.49E+10					
	Total (E)		J	5.30E+10					
	Emergía total (Y)							3.47E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.11. Precipitación anual = 1.272 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.11.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. Labores realizadas: 2 siembras; 5 pulverizaciones terrestres; 1 fertilización; 2 cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. y en los mismos datos del 7 (Maquinaria) de esta tabla.

**8 Semillas de soja:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 80 kg/ha/año.

**9 Semillas de trigo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 140 kg/ha/año.

**10 Nitrógeno:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 175 kg Urea/ha/año.

**11 Fósforo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 60 kg Superfosfato Triple/ha/año.

**12 Pesticidas:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. 11 kg Glifosato/ha/año; 0.3 kg Estrotilurina/ha/año; 0.15 kg Cipermetrina/ha/año; 0.8 Endosulfán kg/ha/año; 0.01 kg Metsulfurón /ha/año.

**13 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. Sembradora = 24.47 US\$; Pulverizadora terrestre = 10.9 US\$; Fertilizadora = 4.85 US\$; Cosechadora = 24.8 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**14 Servicios:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla A.6. Soja = 0.880 US\$/kg y 1630 kg/ha. Trigo = 0.178 US\$/kg y 2080kg/ha.

**15 Soja:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 2080 kg/ha/año.

**15 Trigo:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.6. 1804 kg/ha/año.

## Anexo B: Flujos e indicadores emergéticos. PG, MJ y MC, del período 2006-2010

**Tabla B.1. Cultivo de maíz en MJ, período 2006-2010.**

	Unidad	2006	2007	2008	2009	2010
R	seJ/ha/año	1.29E+15	1.42E+15	8.71E+14	1.04E+15	1.73E+15
N	seJ/ha/año	7.68E+13	7.68E+13	7.68E+13	7.68E+13	7.68E+13
S	seJ/ha/año	6.05E+13	6.94E+13	8.29E+13	1.36E+14	1.24E+14
Sn	seJ/ha/año	2.42E+13	2.78E+13	3.31E+13	5.44E+13	4.95E+13
Sr	seJ/ha/año	3.63E+13	4.16E+13	4.97E+13	8.17E+13	7.43E+13
M	seJ/ha/año	9.83E+14	1.02E+15	1.15E+15	1.17E+15	1.11E+15
Mn	seJ/ha/año	9.72E+14	1.01E+15	1.14E+15	1.15E+15	1.10E+15
Mr	seJ/ha/año	1.13E+13	1.17E+13	1.30E+13	1.33E+13	1.25E+13
F	seJ/ha/año	9.83E+14	1.09E+15	1.23E+15	1.30E+15	1.24E+15
Y	J/ha/año	2.41E+15	2.58E+15	2.18E+15	2.42E+15	3.04E+15
E	seJ/ha/año	2.57E+11	2.47E+11	2.24E+11	2.00E+11	2.64E+11
Tr	seJ/J	9385	10477	9733	12101	11519
EYR		2.42	2.49	1.86	2.00	2.65
EIR		0.70	0.67	1.16	1.00	0.61
ELR		0.80	0.76	1.33	1.13	0.68
%R		55.51	56.84	42.84	46.92	59.68
ESI		3.02	3.28	1.40	1.77	3.92
EER		2.01	1.57	1.02	2.03	1.72

**Tabla B.2. Cultivo de trigo/soja en MJ, período 2006-2010.**

	Unidad	2006	2007	2008	2009	2010
R	seJ/ha/año	1.291E+15	1.415E+15	8.714E+14	1.040E+15	1.729E+15
N	seJ/ha/año	7.679E+13	7.679E+13	7.679E+13	7.679E+13	7.679E+13
S	seJ/ha/año	1.017E+14	1.068E+14	1.055E+14	9.593E+13	1.762E+14
Sn	seJ/ha/año	4.069E+13	4.274E+13	4.220E+13	3.837E+13	7.047E+13
Sr	seJ/ha/año	6.103E+13	6.411E+13	6.331E+13	5.756E+13	1.057E+14
M	seJ/ha/año	1.972E+15	2.195E+15	1.860E+15	1.962E+15	1.999E+15
Mn	seJ/ha/año	1.951E+15	2.172E+15	1.841E+15	1.941E+15	1.978E+15
Mr	seJ/ha/año	2.069E+13	2.292E+13	1.912E+13	2.059E+13	2.098E+13
F	seJ/ha/año	2.073E+15	2.302E+15	1.966E+15	2.057E+15	2.175E+15
Y	J/ha/año	3.441E+15	3.794E+15	2.914E+15	3.174E+15	3.981E+15
E	seJ/ha/año	9.748E+10	1.122E+11	1.014E+11	6.699E+10	7.745E+10
Tr	seJ/J	35302	33813	28735	47384	51399
EYR		1.73	1.71	1.55	1.60	1.94
EIR		1.37	1.40	1.83	1.66	1.06
ELR		1.51	1.53	2.06	1.84	1.15
%R		39.89	39.59	32.73	35.22	46.61
ESI		1.15	1.12	0.75	0.87	1.70

EER	1.50	1.50	1.10	3.24	3.48
-----	------	------	------	------	------

**Tabla B.3. Promedio rotación maíz- trigo/soja en MJ, período 2006-2010.**

	Unidad	2006	2007	2008	2009	2010	Promedio
R	seJ/ha/año	1.29E+15	1.42E+15	8.71E+14	1.04E+15	1.73E+15	1.27E+15
N	seJ/ha/año	7.68E+13	7.68E+13	7.68E+13	7.68E+13	7.68E+13	7.68E+13
S	seJ/ha/año	8.11E+13	8.81E+13	9.42E+13	1.16E+14	1.50E+14	1.06E+14
Sn	seJ/ha/año	3.24E+13	3.52E+13	3.77E+13	4.64E+13	6.00E+13	4.24E+13
Sr	seJ/ha/año	4.87E+13	5.29E+13	5.65E+13	6.96E+13	9.00E+13	6.35E+13
M	seJ/ha/año	1.48E+15	1.61E+15	1.50E+15	1.56E+15	1.56E+15	1.54E+15
Mn	seJ/ha/año	1.46E+15	1.59E+15	1.49E+15	1.55E+15	1.54E+15	1.53E+15
Mr	seJ/ha/año	1.60E+13	1.73E+13	1.61E+13	1.70E+13	1.67E+13	1.66E+13
F	seJ/ha/año	1.53E+15	1.70E+15	1.60E+15	1.68E+15	1.71E+15	1.64E+15
Y	J/ha/año	2.93E+15	3.19E+15	2.55E+15	2.80E+15	3.51E+15	2.99E+15
E	seJ/ha/año	1.77E+11	1.79E+11	1.63E+11	1.33E+11	1.71E+11	1.65E+11
Tr	seJ/J	22343.79	2.21E+04	1.92E+04	2.97E+04	3.15E+04	2.50E+04
EYR		2.07	2.10	1.71	1.80	2.29	2.00
EIR		1.04	1.04	1.49	1.33	0.83	1.15
ELR		1.15	1.14	1.69	1.49	0.91	1.28
%R		47.70	48.21	37.79	41.07	53.14	45.58
ESI		2.08	2.20	1.08	1.32	2.81	1.90
EER		1.75	1.53	1.06	2.63	2.60	1.92

**Tabla B.4. Cultivo de maíz en MC, período 2006-2010.**

	Unidad	2006	2007	2008	2009	2010
R	seJ/ha/año	1.25E+15	1.28E+15	8.04E+14	9.54E+14	1.10E+15
N	seJ/ha/año	4.72E+13	4.72E+13	4.72E+13	4.72E+13	4.72E+13
S	seJ/ha/año	4.91E+13	4.90E+13	6.02E+13	8.59E+13	1.08E+14
Sn	seJ/ha/año	1.97E+13	1.96E+13	2.41E+13	3.44E+13	4.33E+13
Sr	seJ/ha/año	2.95E+13	2.94E+13	3.61E+13	5.16E+13	6.49E+13
M	seJ/ha/año	7.98E+14	8.37E+14	7.52E+14	8.09E+14	7.59E+14
Mn	seJ/ha/año	7.89E+14	8.28E+14	7.43E+14	8.00E+14	7.50E+14
Mr	seJ/ha/año	9.00E+12	9.38E+12	8.53E+12	9.12E+12	8.60E+12
F	seJ/ha/año	8.47E+14	8.86E+14	8.12E+14	8.95E+14	8.67E+14
Y	seJ/ha/año	2.14E+15	2.21E+15	1.66E+15	1.90E+15	2.01E+15
E	J/ha/año	2.10E+11	1.58E+11	1.65E+11	6.63E+10	1.36E+11
Tr	seJ/J	10221	14025	10071	28612	14743
EYR		2.65	2.61	2.17	2.27	2.54
EIR		0.61	0.62	0.86	0.79	0.65
ELR		0.66	0.68	0.96	0.87	0.72
%R		60.09	59.59	51.03	53.50	58.22

ESI	3.99	3.85	2.26	2.61	3.53
EER	2.19	2.10	1.06	4.80	2.21

**Tabla B.5. Cultivo de trigo/soja en MC, período 2006-2010.**

	Unidad	2006	2007	2008	2009	2010
R	seJ/ha/año	1.25E+15	1.28E+15	8.04E+14	9.54E+14	1.10E+15
N	seJ/ha/año	4.72E+13	4.72E+13	4.72E+13	4.72E+13	4.72E+13
S	seJ/ha/año	1.70E+14	1.03E+14	1.35E+14	1.70E+14	2.43E+14
Sn	seJ/ha/año	6.80E+13	4.12E+13	5.41E+13	6.81E+13	9.73E+13
Sr	seJ/ha/año	1.02E+14	6.17E+13	8.11E+13	1.02E+14	1.46E+14
M	seJ/ha/año	1.54E+15	2.04E+15	1.95E+15	1.97E+15	2.08E+15
Mn	seJ/ha/año	1.53E+15	2.02E+15	1.93E+15	1.95E+15	2.06E+15
Mr	seJ/ha/año	1.64E+13	2.14E+13	2.01E+13	1.39E+13	2.18E+13
F	seJ/ha/año	1.71E+15	2.14E+15	2.09E+15	2.14E+15	2.32E+15
Y	seJ/ha/año	3.01E+15	3.47E+15	2.94E+15	3.14E+15	3.47E+15
E	J/ha/año	7.37E+10	9.69E+10	9.41E+10	4.46E+10	5.30E+10
Tr	seJ/J	40840	35805	31211	70438	65425
EYR		1.89	1.69	1.48	1.56	1.61
EIR		1.13	1.46	2.08	1.81	1.64
ELR		1.20	1.54	2.25	1.93	1.74
%R		45.45	39.30	30.81	34.06	36.48
ESI		1.57	1.09	0.66	0.81	0.92
EER		1.53	1.40	1.02	1.13	0.99

**Tabla B.6. Promedio rotación maíz- trigo/soja en MC, período 2006-2010.**

	Unidad	2006	2007	2008	2009	2010	Promedio
R	seJ/ha/año	1.25E+15	1.28E+15	8.04E+14	9.54E+14	1.10E+15	1.08E+15
N	seJ/ha/año	4.72E+13	4.72E+13	4.72E+13	4.72E+13	4.72E+13	4.72E+13
S	seJ/ha/año	1.10E+14	7.59E+13	9.77E+13	1.28E+14	1.76E+14	1.17E+14
Sn	seJ/ha/año	4.38E+13	3.04E+13	3.91E+13	5.12E+13	7.03E+13	4.70E+13
Sr	seJ/ha/año	6.57E+13	4.56E+13	5.86E+13	7.68E+13	1.05E+14	7.04E+13
M	seJ/ha/año	1.17E+15	1.44E+15	1.35E+15	1.39E+15	1.42E+15	1.35E+15
Mn	seJ/ha/año	1.16E+15	1.42E+15	1.34E+15	1.37E+15	1.40E+15	1.34E+15
Mr	seJ/ha/año	1.27E+13	1.54E+13	1.43E+13	1.15E+13	1.52E+13	1.38E+13
F	seJ/ha/año	1.28E+15	1.51E+15	1.45E+15	1.52E+15	1.60E+15	1.47E+15
Y	seJ/ha/año	2.58E+15	2.84E+15	2.30E+15	2.52E+15	2.74E+15	2.60E+15
E	J/ha/año	1.42E+11	1.27E+11	1.30E+11	5.54E+10	9.48E+10	1.10E+11
Tr	seJ/J	25531	24915	20641	49525	40084	32139
EYR		2.27	2.15	1.82	1.91	2.07	2.05
EIR		0.87	1.04	1.47	1.30	1.15	1.16
ELR		0.93	1.11	1.60	1.40	1.23	1.25
%R		52.77	49.44	40.92	43.78	47.35	46.85
ESI		2.78	2.47	1.46	1.71	2.23	2.13
EER		1.86	1.75	1.04	2.97	1.60	1.84

**Tabla B.7. Cultivo de maíz en PG, período 2006-2010.**

	Unidad	2006	2007	2008	2009	2010
R	seJ/ha/año	1.18E+15	1.82E+15	9.47E+14	1.10E+15	1.95E+15
N	seJ/ha/año	1.15E+14	1.15E+14	1.15E+14	1.15E+14	1.15E+14
S	seJ/ha/año	4.84E+13	6.17E+13	6.11E+13	1.04E+14	1.31E+14
Sn	seJ/ha/año	1.94E+13	2.47E+13	2.44E+13	4.17E+13	5.25E+13
Sr	seJ/ha/año	2.91E+13	3.70E+13	3.67E+13	6.25E+13	7.87E+13
M	seJ/ha/año	9.48E+14	8.81E+14	9.91E+14	9.99E+14	9.94E+14
Mn	seJ/ha/año	9.38E+14	8.71E+14	9.80E+14	9.88E+14	9.83E+14
Mr	seJ/ha/año	1.07E+13	9.98E+12	1.09E+13	1.10E+13	1.11E+13
F	seJ/ha/año	9.97E+14	9.43E+14	1.05E+15	1.10E+15	1.13E+15
Y	seJ/ha/año	2.29E+15	2.88E+15	2.11E+15	2.32E+15	3.19E+15
E	J/ha/año	1.76E+11	2.50E+11	1.70E+11	2.19E+11	2.69E+11
Tr	seJ/J	13022	11519	12424	10549	11837
EYR		2.39	3.21	2.10	2.25	3.08
EIR		0.72	0.45	0.91	0.80	0.48
ELR		0.88	0.54	1.13	0.98	0.56
%R		53.16	64.88	47.04	50.54	63.91
ESI		2.72	5.94	1.87	2.30	5.45
EER		2.79	1.73	1.30	1.77	1.77

**Tabla B.8. Cultivo de trigo/soja en PG, período 2006-2010.**

	Unidad	2006	2007	2008	2009	2010
R	seJ/ha/año	1.18E+15	1.82E+15	9.47E+14	1.10E+15	1.95E+15
N	seJ/ha/año	1.15E+14	1.15E+14	1.15E+14	1.15E+14	1.15E+14
S	seJ/ha/año	9.36E+13	9.69E+13	9.90E+13	1.36E+14	2.34E+14
Sn	seJ/ha/año	3.74E+13	3.88E+13	3.96E+13	5.43E+13	9.36E+13
Sr	seJ/ha/año	5.62E+13	5.82E+13	5.94E+13	8.14E+13	1.40E+14
M	seJ/ha/año	1.97E+15	2.05E+15	1.97E+15	2.04E+15	2.08E+15
Mn	seJ/ha/año	1.95E+15	2.03E+15	1.95E+15	2.02E+15	2.06E+15
Mr	seJ/ha/año	2.07E+13	2.15E+13	2.03E+13	2.14E+13	2.18E+13
F	seJ/ha/año	2.06E+15	2.15E+15	2.07E+15	2.18E+15	2.32E+15
Y	seJ/ha/año	3.36E+15	4.09E+15	3.13E+15	3.39E+15	4.38E+15
E	J/ha/año	9.78E+10	7.41E+10	7.29E+10	6.30E+10	9.19E+10
Tr	seJ/J	34297	55152	43020	53799	47642
EYR		1.69	1.97	1.57	1.63	2.03
EIR		1.45	1.03	1.74	1.58	0.97
ELR		1.68	1.15	2.05	1.83	1.07

%R	37.37	46.49	32.76	35.39	48.20
ESI	1.01	1.71	0.77	0.89	1.89
EER	1.64	2.54	1.85	2.06	1.44

**Tabla B.9. Promedio rotación maíz- trigo/soja en PG, período 2006-2010.**

	Unidad	2006	2007	2008	2009	2010	Promedio
R	seJ/ha/año	1.18E+15	1.82E+15	9.47E+14	1.10E+15	1.95E+15	1.40E+15
N	seJ/ha/año	1.15E+14	1.15E+14	1.15E+14	1.15E+14	1.15E+14	1.15E+14
S	seJ/ha/año	7.10E+13	7.93E+13	8.00E+13	1.20E+14	1.83E+14	1.07E+14
Sn	seJ/ha/año	2.84E+13	3.17E+13	3.20E+13	4.80E+13	7.30E+13	4.26E+13
Sr	seJ/ha/año	4.26E+13	4.76E+13	4.80E+13	7.20E+13	1.10E+14	6.39E+13
M	seJ/ha/año	1.46E+15	1.47E+15	1.48E+15	1.52E+15	1.54E+15	1.49E+15
Mn	seJ/ha/año	1.44E+15	1.45E+15	1.47E+15	1.50E+15	1.52E+15	1.48E+15
Mr	seJ/ha/año	1.57E+13	1.58E+13	1.56E+13	1.62E+13	1.65E+13	1.59E+13
F	seJ/ha/año	1.53E+15	1.55E+15	1.56E+15	1.64E+15	1.72E+15	1.60E+15
Y	seJ/ha/año	2.82E+15	3.48E+15	2.62E+15	2.85E+15	3.78E+15	3.11E+15
E	J/ha/año	1.37E+11	1.62E+11	1.22E+11	1.41E+11	1.81E+11	1.48E+11
Tr	seJ/J	23660	33336	27722	32174	29740	29326
EYR		2.04	2.59	1.84	1.94	2.56	2.19
EIR		1.08	0.74	1.32	1.19	0.72	1.01
ELR		1.28	0.85	1.59	1.40	0.82	1.19
%R		45.27	55.68	39.90	42.96	56.05	47.97
ESI		1.86	3.83	1.32	1.60	3.67	2.45
EER		2.22	2.13	1.58	1.92	1.61	1.89

**Anexo C: Tablas y notas necesarias para el cálculo de los flujos cuantitativos de todos los recursos naturales e insumos económicos utilizados para la producción de cada uno de los cultivos y su respectiva contabilidad emergética, para cada trienio. Marcos Juárez 1984-2010**

**Tabla C.1. Evaluación emergética de maíz en MJ, trienio 1984-1986**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.06E+10	3.10E+04	1.26E+15	0.00E+00	1.26E+15	54.3
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	2.88E+09	7.24E+04	0.00E+00	2.09E+14	2.09E+14	9.0
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	4.71E+09	1.11E+05	5.22E+12	5.17E+14	5.22E+14	22.5
7	Maquinaria	0.05	kg	2.25E+01	1.13E+13	1.26E+13	2.40E+14	2.53E+14	10.9
8	Semillas	0.01	kg	2.00E+01	1.00E+12	2.00E+11	1.98E+13	2.00E+13	0.9
9	Pesticidas	0.01	J	6.94E+08	6.60E+04	4.58E+11	4.53E+13	4.58E+13	2.0
Lab.y serv. (S)									
10	Labores	0.6	US\$	2.35E+00	1.08E+12	1.52E+12	1.01E+12	2.53E+12	0.1
11	Servicios	0.6	US\$	6.72E+00	1.08E+12	4.35E+12	2.90E+12	7.25E+12	0.3
Productos									
12	Maíz (E)		J	1.01E+11					
Emergía total (Y)								2.32E+15	100

**1 Radiación solar:** Energía recibida sobre la superficie= Superficie del área \* Radiación anual \* (1-albedo). Irradiación solar Global Diaria sobre un plano horizontal (para la zona de Marcos Juárez, promedio histórico) = 4.33 kWh/m<sup>2</sup>/día (Grossi Gallegos y Spreafichi, 2008). Superficie del área= 10000 m<sup>2</sup>. 1KWh/m<sup>2</sup>/día = 3.60M J/m<sup>2</sup>.día; 1 MJ = 10000000 J. Energía recibida sobre la superficie = 4.33 kWh/m<sup>2</sup>/día \* 3.60 MJ/m<sup>2</sup>/día/kWh \* 10000000 J/MJ \* 365 días/año \* 10000 m<sup>2</sup>/ha (1-0.2) (1-20% albedo expresado en decimal) = 4.55E+13 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**2 Lluvia:** Energía Química de la lluvia = Superficie del área \* Precipitación anual (promedio trienio) \* Densidad del Agua \* Energía Libre de Gibbs. Precipitación caída (Promedio trienio) = 0.821 m (Estación Meteorológica- Registros Históricos INTA Marcos Juárez, 2010). Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>. Densidad del agua = 1000 kg/m<sup>3</sup>; Energía libre de Gibbs del agua de lluvia = 4940 J/kg (Odum, 1996). Energía Química de la lluvia = 0.821 m/año \* 10000 m<sup>2</sup>/ha \* 1000 kg/m<sup>3</sup> \* 4940 J/kg = 4.06E+10 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**3 Viento:** Energía cinética del viento = velocidad del viento \* superficie \* densidad del aire \* coeficiente dragg. Velocidad promedio histórica del viento a 2 m de altura = 1.94 m/s (Estación meteorológica - EEA INTA Marcos Juárez, 2010); Superficie = 10000 m<sup>2</sup>; Densidad del aire = 1.3 kg/m<sup>3</sup>; Coeficiente Dragg = 0.001(adimensional); 3.16E+07 s/año. Energía cinética del viento =

$1.94 \text{ m/s} * 10000 \text{ m}^2/\text{ha} * 1.3 \text{ kg/m}^3 * 0.001 * 3.16\text{E}+07 \text{ s/año} = 7.97\text{E}+08 \text{ J/ha/año}$ . Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**4 Calor interno de la Tierra:** Calor interno de la Tierra= superficie \* flujo de calor para áreas estables \* contribución del calor de la tierra profunda. Superficie =  $10000 \text{ m}^2$ ; Flujo de calor para áreas estables =  $1.00\text{E}+06 \text{ J/m}^2/\text{ha/año}$  (Odum, 1996); Contribución de energía del calor de la tierra profunda =  $1.00\text{E}+10 \text{ J/ha/año}$ . Calor interno de la Tierra =  $10000\text{m}^2/\text{ha} * 1.00\text{E}+06 \text{ J/m}^2/\text{ha/año} * 1.00\text{E}+10 \text{ J/ha/año}$ . Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Pérdida de energía por erosión= tasa de erosión\* superficie del área\* %materia orgánica del suelo \* contenido energético de la materia orgánica. Tasa de erosión =  $0.53 \text{ kg/m}^2.\text{ha}$  (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área =  $10000 \text{ m}^2$ ; % Materia orgánica del suelo = 2.42 (promedio trienio medido); Contenido energético de la materia orgánica =  $5400 \text{ kcal/kg}$  (Odum, 1996);  $1 \text{ kcal} = 4186.8 \text{ J/kcal}$ . Pérdida neta de suelo =  $0.53 \text{ kg/ m}^2/\text{año} * 10000 \text{ m}^2 * 0.0242 * 5400 \text{ kcal/kg} * 4186.8 \text{ J/kcal} = 2.88 \text{ E}+09 \text{ J}$ . Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Consumo anual de combustible y maquinaria= consumo total (combustible + lubricante)\* contenido energético. Consumo combustible por maquinaria= Labor \* Nro. labores realizadas (promedio trienio)\* litros consumidos /ha. Labores realizadas: Rastra de Disco de doble acción (+ tractor) =  $1 * 10$  (Rathke et al., 2007) =  $10 \text{ l/ha}$ ; Cincel(+tractor)=  $2 * 12$  (Rathke et al., 2007) =  $24 \text{ l/ha}$ ; Rastra de dientes(+tractor) =  $2 * 10$  (Rathke et al., 2007) =  $20 \text{ l/ha}$ ; Escardillo(+ tractor) =  $1 * 12$  (Rathke et al., 2007) =  $12 \text{ l/ha}$ ; Cultivador(+tractor) =  $1 * 10$  (Rathke et al., 2007) =  $10 \text{ l/ha}$ ; Sembradora(+tractor) =  $1 * 10$  (Rathke et al., 2007) =  $10 \text{ l/ha}$ ; Pulverización terrestre(+tractor) =  $1 * 10$  (Rathke et al., 2007) =  $10 \text{ l/ha}$ ; Cosechadora =  $1 * 20$  (Rathke et al., 2007) =  $20 \text{ l/ha}$ . Total =  $116 \text{ l/ha}$ . Consumo de Lubricante por maquinaria (12% combustible) =  $116 \text{ l/ha} * 0.12 = 13.92 \text{ l/ha}$ . Contenido energético =  $36600000 \text{ J/l}$  (Rathke et al., 2007).

Consumo anual de combustible y maquinaria =  $(116 \text{ l/ha}+13.92 \text{ l/ha}) * 36600000 \text{ J/l} = 4.71\text{E}+09 \text{ J/ha/año}$ . Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**7 Maquinaria:** Peso de la maquinaria = (hs de trabajo /ha/año (promedio trienio) / hs de vida útil) \* peso de la maquinaria (tn) \*  $1\text{E}+3 \text{ kg /tn}$ . Rastra de Disco de doble acción (+ tractor) =  $1 \text{ hs/ha/año} / 5000 \text{ hs}$  (Márgenes Agropecuarios, 2009) \*  $13.8 \text{ tn}$  (Hill et al., 2006) \*  $1\text{E}+3 \text{ kg/tn} = 2.76 \text{ kg/ha/año}$ ; Cincel (+tractor) =  $2 \text{ hs/ha/año} / 5000 \text{ hs}$ (Márgenes Agropecuarios, 2009) \*  $13.8 \text{ tn}$  (Hill et al., 2006) \*  $1\text{E}+3 \text{ kg/tn} = 5.52 \text{ kg/ha/año}$ ; Rastra de dientes =  $1 \text{ hs/ha/año} / 5000 \text{ hs}$  (Márgenes Agropecuarios, 2009) \*  $13.8 \text{ tn}$  (Hill et al., 2006) \*  $1\text{E}+3 \text{ kg/tn} = 2.76 \text{ kg/ha/año}$ ; Escardillo(+ tractor) =  $1 \text{ hs/ha/año} / 5000 \text{ hs}$  (Márgenes Agropecuarios, 2009) \*  $12.6 \text{ tn}$  (Hill et al., 2006) \*  $1\text{E}+3 \text{ kg /tn} = 2.52 \text{ kg/ha/año}$ ; Cultivador (+tractor) =  $1 \text{ hs/ha/año} / 3000 \text{ hs}$  (Márgenes Agropecuarios, 2009) \*  $12.6 \text{ tn}$  (Hill et al., 2006) \*  $1\text{E}+3 \text{ kg/tn} = 4.2 \text{ kg/ha/año}$ ; Sembradora (+tractor) =  $0.28 \text{ hs/ha} / 3000 \text{ hs}$  (Márgenes Agropecuarios, 2009) \*  $13.6 \text{ tn}$  (Hill et al., 2006) \*  $1\text{E}+3 \text{ kg/tn} = 4.2 \text{ kg/ha/año}$ ; Pulverización terrestre (+tractor) =  $0.1 \text{ hs/ha/año} / 3000\text{hs}$  (Márgenes Agropecuarios, 2009) \*  $10.7 \text{ tn}$  (Hill et al., 2006) \*  $1\text{E}+3 \text{ kg/tn} = 0.36 \text{ kg/ha/año}$ ; Cosechadora =  $0.25 \text{ hs/ha/año} / 12000 \text{ hs}$  (Márgenes Agropecuarios, 2009) \*  $15.5 \text{ tn}$  (Hill et al., 2006) \*  $1\text{E}+3 \text{ kg/tn} = 0.32 \text{ kg/ha/año}$ . Peso total de la maquinaria =  $22.5 \text{ kg/ha/año}$ . Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas:** Semillas de maíz (híbridas) consumidas (promedio trienio) =  $20 \text{ kg/ha/año}$ . Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg).  $3.67 \text{ kg Atrazina} * 45.2 \text{ Mcal/kg}$  (Ferraro, 2003) =  $165.8\text{M cal/kg} * 1000000 \text{ cal/Mcal} / 0.24 \text{ cal/J} = 6.94\text{E}+08 \text{ J/ha/año}$ . Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**10 Labores:** Costo total de labores= labor \* número de labores realizadas (promedio trienio) \* costo de labor. Rastra de Disco de doble acción (+ tractor) =  $1 * 0.18 \text{ US\$}$  (Peretti, 1984, 1985, 1986) =  $0.18 \text{ US\$ /ha}$ ; Cincel(+tractor) =  $2 * 0.42 \text{ US\$}$  (Peretti, 1984, 1985, 1986) =  $0.84 \text{ US\$/ha}$ ; Rastra de dientes (+tractor) =  $2 * 0.10 \text{ US\$}$  (Peretti, 1984, 1985, 1986) =  $0.20 \text{ US\$/ha}$ ; Escardillo(+ tractor) =  $1 * 0.15 \text{ US\$}$  (Peretti, 1984, 1985, 1986) =  $0.15 \text{ US\$ /ha}$ ; Cultivador(+tractor) =  $1 * 0.15 \text{ US\$}$  (Peretti, 1984, 1985, 1986) =  $0.15 \text{ US\$ /ha}$ ; Sembradora(+tractor) =  $1 * 0.20 \text{ US\$}$  (Peretti, 1984, 1985, 1986) =  $0.20 \text{ US\$ /ha}$ ; Pulverización terrestre(+tractor) =  $1 * 0.13\text{US\$}$  (Peretti, 1984, 1985, 1986) =  $0.13 \text{ US\$ l/ha}$ ; Cosechadora =  $1 * 0.50 \text{ US\$}$  (Peretti, 1984, 1985, 1986) =  $0.50 \text{ US\$/ha}$ . Costo Total =  $2.35 \text{ US\$/ ha/año}$ . Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**11 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica =  $1\text{US\$ /ha/mes} + 2\%$  del Valor Bruto de la Producción (Rendimiento Promedio trienio /ha \* Precio Pizarra de maíz, Mes de Junio). Costo total =  $1 + 0.02 * (0.056 \text{ US\$ /kg} * 5114 \text{ kg/ha})$

(Promedio trienio mes de junio, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) = 6.72 US\$/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**12 Maíz:** kg/ha cultivo de maíz (promedio trienio) \* contenido energético = 5114 kg/ha/año \* 1.96 E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) = 1.01E+11 J/ha/año.

**Tabla C.2. Evaluación emergética de maíz en MJ, trienio 1987-1989**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1	4.55E+13	0	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.17E+10	3.10E+04	1.29E+15	0.00E+00	1.29E+15	53.6
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	2.88E+09	7.24E+04	0.00E+00	2.09E+14	2.09E+14	8.7
Materiales (M)									
6	Comb.y Lubr.	0.01	J	5.09E+09	1.11E+05	5.65E+12	5.59E+14	5.65E+14	23.4
7	Maquinaria	0.05	kg	2.40E+01	1.13E+13	1.35E+13	2.56E+14	2.70E+14	11.2
8	Semillas	0.01	kg	2.00E+01	1.00E+12	2.00E+11	1.98E+13	2.00E+13	0.8
9	Pesticidas	0.01	J	6.31E+08	6.60E+04	4.16E+11	4.12E+13	4.16E+13	1.7
Lab. y serv.(S)									
10	Labores	0.6	US\$	5.20E+00	1.08E+12	3.37E+12	2.25E+12	5.61E+12	0.2
11	Servicios	0.6	US\$	7.83E+00	1.08E+12	5.07E+12	3.38E+12	8.46E+12	0.4
Productos									
12	Maíz (E)		J	1.17E+11					
Emergía total (Y)								2.41E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 0.845 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 1 siembra; 1 Rastra de Disco de doble acción; 2 Cíncel; 2 Rastra de dientes; 1 Escardillo; 1 Cultivador; 1 Pulverización terrestre; 1 Cosechadora.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardí, 2001.

**8 Semillas:** Semillas de maíz (híbridas) consumidas (promedio trienio) = 20 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha) (promedio trienio)\* Emergía del Producto (Mcal/kg). 3.67 kg Atrazina\* 45.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003)= 165.7 Mcal/kg \* 1000000 cal/Mcal/ 0.24 cal/J = 6.31E+08 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**10 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Rastra de Disco de doble acción = 0.47 US\$; Cincel = 0.96 US\$; Rastra de dientes = 0.19 US\$; Escardillo = 0.35 US\$; Cultivador = 0.35 US\$; Sembradora = 0.43 US\$; Pulverización terrestre = 0.19 US\$; Cosechadora = 0.73 US\$ (Peretti, 1987, 1988, 1989)

**11 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1 US\$ /ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción (Rendimiento Promedio trienio /ha \* Precio Pizarra de maíz, Mes de Junio). Costo total = 1+ 0.02 \* (0.056US\$ /kg \* 5980kg/ha) (Promedio trienio mes de junio, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) = 7.83 US\$/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**12 Maíz:** kg/ha cultivo de maíz (promedio trienio) \* contenido energético = 5980 kg/ha/año \* 1.96E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) = 1.17E+11 J/ha/año.

**Tabla C.3. Evaluación energética de maíz en MJ, trienio 1990-1992**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Energía (seJ/unidad)	Energía Renovable	Energía No Renovable	Energía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	5.36E+10	3.10E+04	1.66E+15	0.00E+00	1.66E+15	59.1
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	2.88E+09	7.24E+04	0.00E+00	2.09E+14	2.09E+14	7.4
Materiales (M)									
6	Comb.y Lubr.	0.01	J	4.26E+09	1.11E+05	5.70E+12	5.64E+14	5.70E+14	20.3
7	Maquinaria	0.05	kg	1.83E+01	1.13E+13	1.45E+13	2.76E+14	2.91E+14	10.3
8	Semillas	0.01	kg	2.03E+01	1.00E+12	2.00E+11	1.98E+13	2.00E+13	0.7
9	Pesticidas	0.01	J	7.57E+08	6.60E+04	4.37E+11	4.33E+13	4.37E+13	1.6
Lab. y serv.(S)									
10	Labores	0.6	US\$	7.45E+00	1.08E+12	3.34E+12	2.23E+14	5.57E+12	0.2
11	Servicios	0.6	US\$	1.22E+01	1.08E+12	5.71E+12	3.81E+14	9.52E+12	0.3
Productos									
12	Maíz (E)		J	1.26E+11					
Energía total (Y)								2.81E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 1.084 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 1 siembra; 2 Rastra de Disco de doble acción; 1 Cincel; 1 Rastra de dientes; 1 Escardillo; 1 Cultivador; 1 Pulverización terrestre; 1 Cosechadora.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas:** Semillas de maíz (híbridas) consumidas (promedio trienio) = 20.3 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 4 kg Atrazina \* 45.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 180.8M cal/kg \* 1000000 cal/Mcal/0.24 cal/J = 7.57E+08 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**10 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Rastra de Disco de doble acción = 0.85 US\$; Cincel = 1.17 US\$; Rastra de dientes = 0.66 US\$; Escardillo = 0.77 US\$; Cultivador = 0.77 US\$; Sembradora = 0.82 US\$; Pulverización terrestre = 0.66 US\$; Cosechadora= 1.02 US\$ (Peretti, 1990, 1991, 1992)

**11 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1 US\$ /ha/mes + 2 % del Valor Bruto de la Producción (Rendimiento Promedio trienio /ha \* Precio Pizarra de maíz, Mes de Junio). Costo total = 1+ 0.02 \* (0.086 US\$/kg \* 6420 kg/ha) (Promedio trienio mes de junio, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) = 12.2 US\$ /ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**12 Maíz:** kg/ha cultivo de maíz (promedio trienio) \* contenido energético = 6420 kg/ha/año \* 1.96E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) =1.26E+11 J/ha/año.

**Tabla C.4.Evaluación emergética de maíz en MJ, trienio 1993-1995**

Nota	Ítem	Fración Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1	4.55E+13	0	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.96E+10	3.10E+04	1.54E+15	0.00E+00	1.54E+15	71.3
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int.de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	1.56E+09	7.24E+04	0.00E+00	1.13E+14	1.13E+14	5.2
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	2.35E+09	1.11E+05	2.60E+12	2.58E+14	2.60E+14	12.1
7	Maquinaria	0.05	kg	5.99E+00	1.13E+13	3.37E+12	6.41E+13	6.74E+13	3.1
8	Semillas	0.01	kg	2.17E+01	1.00E+12	2.17E+11	2.15E+13	2.17E+13	1.0
9	Pesticidas	0.01	J	2.00E+09	6.60E+04	1.32E+12	1.31E+14	1.32E+14	6.1
Lab. y serv.(S)									
10	Labores	0.6	US\$	5.34E+00	1.08E+12	3.46E+12	2.31E+12	5.77E+12	0.3
11	Servicios	0.6	US\$	1.72E+01	1.08E+12	1.11E+13	7.42E+12	1.86E+13	0.9
Productos									
12	Maíz (E)		J	1.51E+11					
Emergía total (Y)							2.16E+15		100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 1.004 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. Tasa de erosión = 0.27 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 2.56 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1.

Labores realizadas (Año 1993) = Rastra de Disco de doble acción (+ tractor) = 2 \* 10 (Rathke et al., 2007) = 20 l/ha; Cincel (+tractor) = 1 \* 121 (Rathke et al., 2007) = 12 l/ha; Escardillo (+ tractor) = 1 \* 12 l (Rathke et al., 2007) = 12 l/ha; Sembradora (+tractor) = 1 \* 10 (Rathke et al., 2007) = 10 l/ha; Pulverización terrestre (+tractor) = 1 \* 10 l (Rathke et al., 2007) = 10 l/ha; Cosechadora = 1 \* 20 l (Rathke et al., 2007) = 20 l/ha. Total (Año 1993) = 94.1 l/ha/año

Labores realizadas (Año 1994) = Sembradora (Sistema de Siembra Directa) (+tractor) = 1 \* 9.81 l (Rathke et al., 2007); Pulverizadora terrestre (+tractor) = 8.045 l \* 2 (Rathke et al., 2007); Fertilizadora (+tractor) = 1 \* 2 l (Rathke et al., 2007); Cosechadora = 1 \* 16 l (Rathke et al., 2007). Total (Año 1994) = 51.3 l/ha/año

Labores realizadas (Año 1995) = Sembradora (Sistema de Siembra Directa) (+tractor) = 1 \* 9.81 l (Rathke et al., 2007); Pulverizadora terrestre (+tractor) = 8.045 l \* 2 (Rathke et al., 2007); Cosechadora = 1 \* 16 l (Rathke et al., 2007). Total (Año 1995) = 46.9 l/ha/año

Total (Promedio Año 1993, 1994 y 1995) = 94.1 + 51.3 + 46.9 = 64.1 l/ha/año

Consumo de Lubricante por maquinaria (12% combustible) (Promedio trienio) = 64.1 \* 0.12 = 7.692 l/ha. Contenido energético = 36600000 J/l (Rathke et al., 2007).

Consumo anual de combustible y maquinaria (Promedio Año 1993, 1994 y 1995) = (64.1 l/ha + 7.692 l/ha) \* 36600000 J/l = 2.35E+09 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**7 Maquinaria:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. Peso de la maquinaria (Año 1993) = Rastra de Disco de doble acción (+ tractor) = 1 hs/ha/año / 5000 hs (Márgenes Agropecuarios, 2009) \* 13.8 tn (Hill et al., 2006) \* 1E+3 kg/tn = 2.76 kg/ha/año; Cincel (+tractor) = 1 hs/ha/año / 5000 hs (Márgenes Agropecuarios, 2009) \* 13.8 tn (Hill et al., 2006) \* 1E+3 kg/tn = 2.76 kg/ha/año; Escardillo (+ tractor) = 1 hs/ha/año / 5000 hs (Márgenes Agropecuarios, 2009) \* 12.6 tn (Hill et al., 2006) \* 1E+3 kg/tn = 2.52 kg/ha/año; Sembradora (+tractor) = 0.28hs/ha / 3000hs (Márgenes Agropecuarios, 2009) \* 13.6 tn (Hill et al., 2006) \* 1E+3 kg/tn = 4.2 kg/ha/año; Pulverización terrestre (+tractor) = 0.1 hs/ha/año / 3000hs (Márgenes Agropecuarios, 2009) \* 10.7 tn (Hill et al., 2006) \* 1E+3 kg/tn = 0.36 kg/ha/año; Cosechadora = 0.25 hs/ha/año / 12000 hs (Márgenes Agropecuarios, 2009) \* 15.5 tn (Hill et al., 2006) \* 1E+3 kg/tn = 0.32 kg/ha/año. Peso total de la maquinaria (Año 1993) = 13.02 kg/ha/año.

Peso de la maquinaria (Año 1994) = Sembradora (Sistema de Siembra Directa) (+tractor) = 0.28hs/ha / 2200hs (Márgenes Agropecuarios, 2009) \* 13.6 tn (Hill et al., 2006) \* 1E+3 kg/tn = 1.73 kg/ha/año; Pulverización terrestre (+tractor) = 0.3 hs/ha/año / 3000hs (Márgenes Agropecuarios, 2009) \* 0.5 tn (Hill et al., 2006) \* 1E+3 kg/tn = 0.05 kg/ha/año;

Cosechadora = 0.48 hs/ha/año / 15000 hs (Márgenes Agropecuarios, 2009) \* 15.5 tn (Hill et al., 2006) \* 1E+3 kg/tn = 0.5 kg/ha/año. Peso total de la maquinaria (Año 1994) = 2.25 kg/ha/año

Peso de la maquinaria (Año 1995) = Sembradora (Sistema de Siembra Directa) (+tractor) = 0.28hs/ha / 2200hs (Márgenes Agropecuarios, 2009) \* 13.6 tn (Hill et al., 2006) \* 1E+3 kg/tn = 1.73 kg/ha/año; Pulverización terrestre (+tractor) = 0.15 hs/ha/año / 3000hs (Márgenes Agropecuarios, 2009) \* 0.5 tn (Hill et al., 2006) \* 1E+3 kg/tn = 0.025 kg/ha/año Cosechadora = 0.48 hs/ha/año / 15000 hs (Márgenes Agropecuarios, 2009) \* 15.5 tn (Hill et al., 2006) \* 1E+3 kg/tn = 0.5 kg/ha/año. Peso total de la maquinaria (Año 1995) = 2.28 kg/ha/año

Total (Promedio trienio) = 6 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas:** Semillas de maíz (híbridas) consumidas (promedio trienio) = 21.7 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 3.67 kg Atrazina/ha/año \* 45.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 165.7 Mcal/ha/año; 0.01 kg Metsulfurón/ha/año \* 86.8 Mcal/kg (Ferraro, 2003) =

0.868 Mcal/kg. Total Pesticidas consumidos = 166.6 Mcal/ha/año \* 1000000 cal/Mcal/ 0.24 cal/J = 2.00E+09 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**10 Labores:** Costo total de labores = labor \* número de labores realizadas (promedio trienio) \* costo de labor.

Costo labores (Año trienio) = Sembradora (Sistema de Siembra Directa) (+tractor) = 1 \* 1.14 US\$ (Peretti, 1993, 1994, 1995); Pulverizadora terrestre (+tractor) = 1.33 \* 0.29 US\$ (Peretti, 1993, 1994, 1995); Fertilizadora (+tractor) = 0.67 \* 0.55 (Peretti, 1993, 1994, 1995); Cosechadora = 1 \* 0.74 US\$ (Peretti, 1993, 1994, 1995); Total = 5.34 US\$ /ha/año.

Total (Promedio trienio) = 5.34 US\$ /ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**11 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1 US\$ /ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción (Rendimiento Promedio trienio /ha \* Precio Pizarra de maíz, Mes de Junio). Costo total = 1+ 0.02 \* (0.125 US\$ /kg \* 7680 kg/ha) (Promedio trienio mes de junio, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) = 17.2 US\$ /ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**12 Maíz:** kg/ha cultivo de maíz (promedio trienio) \* contenido energético = 7680 kg/ha/año \* 1.96E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) = 1.51E+11 J/ha/año.

**Tabla C.5. Evaluación emergética de maíz en MJ, trienio 1996-1998**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía		%
							Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1	4.55E+13	0	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	3.72E+10	3.10E+04	1.15E+15	0.00E+00	1.15E+15	71.9
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	7.69E+08	7.24E+04	0.00E+00	5.57E+13	5.57E+13	3.5
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	1.55E+09	1.11E+05	1.72E+12	1.70E+14	1.72E+14	10.7
7	Maquinaria	0.05	kg	2.48E+00	1.13E+13	1.39E+12	2.65E+13	2.79E+13	1.7
8	Semillas	0.01	kg	2.13E+01	1.00E+12	2.13E+11	2.11E+13	2.13E+13	1.3
9	Pesticidas	0.01	J	2.26E+09	6.60E+04	1.49E+12	1.47E+14	1.49E+14	9.3
Lab. y serv.(S)									
10	Labores	0.6	US\$	2.67E+00	1.08E+12	1.73E+12	1.15E+12	2.89E+12	0.2
11	Servicios	0.6	US\$	1.97E+01	1.08E+12	1.28E+13	8.50E+12	2.13E+13	1.3
Productos									
12	Maíz (E)		J	1.48E+11					
Emergía total (Y)								1.60E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 0.752 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla C.1. Tasa de erosión = 0.14 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 2.46 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.4. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 1 siembra; 1.33 pulverizaciones terrestres; 0.67 fertilizaciones; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas:** Semillas de maíz (híbridas) consumidas (promedio trienio) = 21.13 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 3.17 kg Atrazina/ha/año \* 45.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 143.3 Mcal/ha/año; 3.17 kg Glifosato/ha/año \* 108 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 342.36 Mcal/ha/año; 0.47 kg 2.4 D/ha/año \* 20.2 Mcal/kg = 9.5 Mcal/ha/año; 0.67 kg Acetoclor/ha/año \* 65.7.Mcal/kg= 44.02 Mcal/ha/año. Total Pesticidas consumidos= 539.2 Mcal/ha/año \* 1000000 cal/Mcal/ \* 0.24 cal/J = 2.26E+09 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**10 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Sembradora = 1.14 US\$; Pulverizadora terrestre = 0.29 US\$; Fertilizadora = 0.55; Cosechadora = 0.74 US\$ (Peretti, 1996, 1997, 1998)

**11 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1 US\$ /ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción (Rendimiento Promedio trienio /ha \* Precio Pizarra de maíz, Mes de Junio). Costo total = 1 + 0.02 \* (0.125 US\$ /kg \* 7550 kg/ha) (Promedio trienio mes de junio, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) = 19.7 US\$ /ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**12 Maíz:** kg/ha cultivo de maíz (promedio trienio) \* contenido energético = 7550 kg/ha/año \* 1.96 E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) = 1.48 E+11 J/ha/año.

**Tabla C.6. Evaluación emergética de maíz en MJ, trienio 1999-2001**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1.00E+00	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.09E+10	3.10E+04	1.27E+15	0.00E+00	1.27E+15	63.9
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérdida Neta de Suelo	0	J	7.65E+08	7.24E+04	0.00E+00	5.54E+13	5.54E+13	2.8
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	1.58E+09	1.11E+05	1.75E+12	1.73E+14	1.75E+14	8.8
7	Maquinaria	0.05	kg	2.60E+00	1.13E+13	1.46E+12	2.78E+13	2.93E+13	1.5
8	Semillas	0.01	kg	2.00E+01	1.00E+13	2.00E+12	1.98E+14	2.00E+14	10.1
9	Nitrógeno	0.01	kg	2.61E+01	3.90E+12	1.02E+12	1.01E+14	1.02E+14	5.1
10	Fósforo	0.01	kg	7.67E+00	4.60E+12	3.53E+11	3.49E+13	3.53E+13	1.8
11	Azufre	0.01		2.83E+00	2.20E+07	6.23E+05	6.17E+07	6.23E+07	0.0
12	Pesticidas	0.01	J	1.31E+09	6.60E+04	8.64E+11	8.56E+13	8.64E+13	4.4
Labores y servicios(S)									
13	Labores	0.6	US\$	1.25E+01	1.08E+12	8.13E+12	5.42E+12	1.36E+13	0.7
14	Servicios	0.6	US\$	1.72E+01	1.08E+12	1.12E+13	7.44E+12	1.86E+13	0.9
Productos									
15	Maíz (E)		J	1.89E+11					
Emergía total (Y)								1.95E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 0.827 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla C.1. Tasa de erosión = 0.14 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 2.42 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.4. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 1 siembra; 1.33 pulverizaciones terrestres; 1.5 fertilizaciones; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas:** Semillas de maíz (transgénicas, resistente a lepidópteros) consumidas (promedio trienio) = 20 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Nitrógeno:** Nitrógeno consumido= 56 Kg Urea/ha/año (promedio trienio)\* 0.46 (%N) = 26.1 kgN/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**10 Fósforo:** Fósforo consumido= 37.9 Kg/ha/año Superfosfato triple (promedio trienio)\* 0.46 (%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) \* 0.44 (%P- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)= 7.67kgP/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**11. Azufre:** Azufre consumido= 2.83 kg S/ha/año (promedio trienio). Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**12 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 2.06 kg Atrazina/ha/año \* 45.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 93.11 Mcal/ha/año; 2 kg Glifosato/ha/año \* 108 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 216 Mcal/ha/año; 0.17 kg 2.4 D/ha/año \* 20.2 Mcal/kg = 3.43 Mcal/ha/año; 0.67. Total Pesticidas consumidos= 312.5 Mcal/ha/año \* 1000000 cal/Mcal / 0.24 cal/J = 1.31E+09 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**13 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Sembradora = 3.84 US\$; Pulverizadora terrestre = 1.83 US\$; Fertilizadora = 2 US\$; Cosechadora = 4.26 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**14 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1 US\$ /ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción (Rendimiento Promedio trienio /ha \* Precio Pizarra de maíz, Mes de Junio). Costo total = 1 + 0.02 \* (0.084 US\$ /kg \* 9637 kg/ha) (Promedio trienio mes de junio, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) = 17.19 US\$ /ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**15 Maíz:** kg/ha cultivo de maíz (promedio trienio) \* contenido energético = 9637 kg/ha/año \* 1.96E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) = 1.88E+11 J/ha/año.

**Tabla C.7. Evaluación emergética de maíz en MJ, trienio 2002-2004**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1.00E+00	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.49E+10	3.10E+04	1.39E+15	0.00E+00	1.39E+15	60.1
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérdida Neta de Suelo	0	J	7.72E+08	7.24E+04	0.00E+00	5.59E+13	5.59E+13	2.4
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubricantes	0.01	J	1.58E+09	1.11E+05	1.75E+12	1.73E+14	1.75E+14	7.5
7	Maquinaria	0.05	kg	3.08E+00	1.13E+13	1.73E+12	3.19E+13	3.47E+13	1.5

8	Semillas	0.01	kg	2.00E+01	1.00E+13	2.00E+12	1.98E+14	2.00E+14	8.6
9	Nitrógeno	0.01	kg	5.67E+01	3.90E+12	2.21E+12	2.19E+14	2.21E+14	9.6
10	Fósforo	0.01	kg	5.26E+00	4.60E+12	2.42E+11	2.40E+13	2.42E+13	1.0
11	Azufre	0.01	Kg	7.93E+00	2.20E+07	1.75E+06	1.73E+08	1.75E+08	0.0
12	Calcio	0.01	kg	9.93E+00	1.39E+12	1.38E+11	1.37E+13	1.38E+13	0.6
13	Pesticidas	0.01	J	2.34E+09	6.60E+04	1.54E+12	1.53E+14	1.54E+14	6.7
Labores y servicios(S)									
14	Labores	0.6	US\$	2.50E+01	1.08E+12	1.62E+13	1.08E+13	2.70E+13	1.2
15	Servicios	0.6	US\$	1.73E+01	1.08E+12	1.12E+13	7.47E+12	1.87E+13	0.8
Productos									
16	Maíz (E)		J	2.01E+11					
Emergía total (Y)								2.32E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 0.909 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla C.1. Tasa de erosión = 0.14 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 2.43 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.4. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 1 siembra; 1 pulverización terrestre; 2.33 fertilizaciones; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas:** Semillas de maíz (transgénicas, resistente a lepidópteros) consumidas (promedio trienio) = 20 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Nitrógeno:** Nitrógeno consumido= 123 Kg Urea/ha/año (promedio trienio)\* 0.46 (%N) = 56.7 kg N/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**10 Fósforo:** Fósforo consumido= 26 Kg/ha/año Superfosfato triple (promedio trienio) \* 0.46 (%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) \* 0.44 (%P- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) = 5.26 kg P/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**11. Azufre:** Azufre consumido= 46.7 kg Sulfato de Calcio/ha/año (promedio trienio) \* 0.17 (%S) = 7.93 kg S/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**12 Calcio:** Calcio consumido= 46.7 Kg Sulfato de Calcio/ha/año (promedio trienio) \* 0.21 (%Ca) =9.9 kg Ca/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum et al, 2000.

**13 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 1 kg Atrazina/ha/año \* 45.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 45.2 Mcal/ha/año; 3.6 kg Glifosato/ha/año \* 108 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 388.8 Mcal/ha/año; 0.33 kg 2.4 D/ha/año \* 20.2 Mcal/kg = 6.66 Mcal/ha/año; 1.67kg Acetoclor/ha/año \* 65.7 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 109.7 Mcal/ha/año. Total Pesticidas consumidos= 550.4 Mcal/ha/año \* 1000000 cal/Mcal / 0.24 cal/J = 2.34E+09 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**14 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Sembradora = 7.06 US\$; Pulverizadora terrestre = 3.14 US\$; Fertilizadora = 2.82 US\$; Cosechadora = 7.94 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**15 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1 US\$ /ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción (Rendimiento Promedio trienio /ha \* Precio Pizarra de maíz, Mes de Junio). Costo total = 1 + 0.02 \* (0.079 US\$ /kg \* 10250 kg/ha)

(Promedio trienio mes de junio, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) = 17.3 US\$ /ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**16 Maíz:** kg/ha cultivo de maíz (promedio trienio) \* contenido energético = 10250 kg/ha/año \* 1.96 E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) = 2.01E+11 J/ha/año.

**Tabla C.8. Evaluación emergética de maíz en MJ, trienio 2005-2007**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1.00E+00	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.29E+10	3.10E+04	4.29E+10	0.00E+00	1.33E+15	54.4
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovable (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	8.98E+08	7.24E+04	0.00E+00	6.50E+13	6.50E+13	2.7
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	1.63E+09	1.11E+05	1.81E+12	1.79E+14	1.81E+14	7.4
7	Maquinaria	0.05	kg	3.33E+00	1.13E+13	1.87E+12	3.56E+13	3.75E+13	1.5
8	Semillas	0.01	kg	2.00E+01	1.00E+13	2.00E+12	1.98E+14	2.00E+14	8.2
9	Nitrógeno	0.01	kg	9.20E+01	3.90E+12	3.59E+12	3.55E+14	3.59E+14	14.7
10	Fósforo	0.01	kg	1.07E+01	4.60E+12	4.93E+11	4.88E+13	4.93E+13	2.0
11	Azufre	0.01	Kg	5.67E+00	2.20E+07	1.25E+06	1.23E+08	1.25E+08	0.0
12	Calcio	0.01	kg	7.23E+00	1.39E+12	1.01E+11	9.95E+12	1.01E+13	0.4
13	Pesticidas	0.01	J	2.37E+09	6.60E+04	1.57E+12	1.55E+14	1.57E+14	0.0
Labores y servicios(S)									
14	Labores	0.6	US\$	2.94E+01	1.08E+12	1.91E+13	1.27E+13	3.18E+13	1.3
15	Servicios	0.6	US\$	2.32E+01	1.08E+12	1.51E+13	1.00E+13	2.51E+13	1.0
Productos									
16	Maíz (E)		J	2.33E+11					
Emergía total (Y)								2.44E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 0.868 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla C.1. Tasa de erosión = 0.14 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 2.83 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.4. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 1 siembra; 1 pulverización terrestre; 3 fertilizaciones; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas:** Semillas de maíz (transgénicas, resistente a lepidópteros) consumidas (promedio trienio) = 20 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Nitrógeno:** Nitrógeno consumido= 200 Kg Urea/ha/año (promedio trienio) \* 0.46 (%N) = 92 kg N/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**10 Fósforo:** Fósforo consumido= 53.3 Kg/ha/año Superfosfato triple (promedio trienio) \* 0.46 (%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) \* 0.44 (%P- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) = 10.79 kg P/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**11. Azufre:** Azufre consumido= 33.3 kg Sulfato de Calcio/ha/año (promedio trienio) \* 0.17 (%S) = 5.66 kg S/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**12 Calcio:** Calcio consumido= 33.3 Kg Sulfato de Calcio/ha/año (promedio trienio) \* 0.21 (%Ca) =6.99 kg Ca/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**13 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 2.67 kg Atrazina/ha/año \* 45.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 120.68 Mcal/ha/año; 3.5 kg Glifosato/ha/año \* 108 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 378 Mcal/ha/año; 0.5 kg 2,4 D/ha/año \* 20.2 Mcal/kg = 10.1 Mcal/ha/año; 0.07 kg/ha/año Estrobilurina \* 25 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 1.75 Mcal/ha/año; 0.03kg/ha/año Cipermetrina \* 138.1 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 4.15 Mcal/ha/año; 0.67kg Acetoclor/ha/año \* 65.7 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 44.01 Mcal/ha/año; 0.33 kg/ha/año Thiodicarb \* 23.5 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 7.75 Mcal/ha/año. Total Pesticidas consumidos= 566.5 Mcal/ha/año \* 1000000 cal/Mcal / 0.24 cal/J = 2.37E+09 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**14 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Sembradora = 7.99 US\$; Pulverizadora terrestre = 3.39 US\$; Fertilizadora = 2.96 US\$; Cosechadora = 8.29 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**15 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1 US\$ /ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción (Rendimiento Promedio trienio /ha \* Precio Pizarra de maíz, Mes de Junio). Costo total = 1 + 0.02 \* (0.093 US\$ /kg \* 11912 kg/ha) (Promedio trienio mes de junio, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) = 23.1 US\$ /ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**16 Maíz:** kg/ha cultivo de maíz (promedio trienio) \* contenido energético = 11912 kg/ha/año \* 1.96 E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) = 2.33 E+11 J/ha/año.

**Tabla C.9. Evaluación emergética de maíz en MJ, trienio 2008-2010**

Nota	Ítem	Fración Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1.00E+00	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	3.91E+10	3.10E+04	1.21E+15	0.00E+00	1.21E+15	47.9
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérdida Neta de Suelo	0	J	9.12E+08	7.24E+04	0.00E+00	6.61E+13	6.61E+13	2.6
Materiales (M)									
6	Comb.y Lubr.	0.01	J	1.96E+09	1.11E+05	2.17E+12	2.15E+14	2.17E+14	8.6
7	Maquinaria	0.05	kg	3.34E+00	1.13E+13	1.88E+12	3.57E+13	3.76E+13	1.5
8	Semillas	0.01	kg	2.00E+01	1.00E+13	2.00E+12	1.98E+14	2.00E+14	7.9
9	Nitrógeno	0.01	kg	9.20E+01	3.90E+12	3.59E+12	3.55E+14	3.59E+14	14.2
10	Fósforo	0.01	kg	2.01E+01	4.60E+12	9.25E+11	9.15E+13	9.25E+13	3.6
11	Azufre	0.01	Kg	1.70E+01	2.20E+07	3.74E+06	3.70E+08	3.74E+08	0.0
12	Calcio	0.01	kg	2.10E+01	1.39E+12	2.92E+11	2.89E+13	2.92E+13	1.2
13	Pesticidas	0.01	J	3.12E+09	6.60E+04	2.06E+12	2.04E+14	2.06E+14	8.1

Labores y servicios(S)									
14	Labores	0.6	US\$	7.34E+01	1.08E+12	4.75E+13	3.17E+13	7.92E+13	3.1
15	Servicios	0.6	US\$	3.14E+01	1.08E+12	2.10E+13	1.40E+13	3.50E+13	1.4
Productos									
16	Maíz (E)		J	2.29E+11					
Emergía total (Y)								2.54E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 0.792 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla C.1. Tasa de erosión = 0.13 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 3.01 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.4. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 1 siembra; 2 pulverizaciones terrestres; 3 fertilizaciones; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas:** Semillas de maíz (transgénicas, resistente a lepidópteros) consumidas (promedio trienio) = 20 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Nitrógeno:** Nitrógeno consumido= 200 Kg Urea/ha/año (promedio trienio) \* 0.46 (%N) = 92 kg N/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**10 Fósforo:** Fósforo consumido= 100 Kg/ha/año Superfosfato triple (promedio trienio) \* 0.46 (%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) \* 0.44 (%P- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) = 20.1 kg P/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**11. Azufre:** Azufre consumido= 100 kg Sulfato de Calcio/ha/año (promedio trienio) \* 0.17 (%S) = 17 kg S/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**12 Calcio:** Calcio consumido= 100 Kg Sulfato de Calcio/ha/año (promedio trienio) \* 0.21 (%Ca) =21 kg Ca/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**13 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 3 kg Atrazina/ha/año \* 45.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 135.6 Mcal/ha/año; 5 kg Glifosato/ha/año \* 108 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 540 Mcal/ha/año; 0.12 kg Dicamba/ha/año \* 70.2 Mcal/kg = 8.42 Mcal/ha/año; 0.13 kg/ha/año Estrobilurina \* 25 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 1.75 Mcal/ha/año; 3.15 kg/ha/año Cipermetrina \* 138.1 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 4.15 Mcal/ha/año; 0.53 kg Acetoclor/ha/año \* 100 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 53 Mcal/ha/año. Total Pesticidas consumidos= 744.4 Mcal/ha/año \* 1000000 cal/Mcal / 0.24 cal/J = 3.12E+09 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**14 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Sembradora = 19.62 US\$; Pulverizadora terrestre = 8.59 US\$; Fertilizadora = 4.38 US\$; Cosechadora = 19.22 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**15 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1 US\$ /ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción (Rendimiento Promedio trienio /ha \* Precio Pizarra de maíz, Mes de Junio). Costo total = 1 + 0.02 \* (0.134 US\$ /kg \* 11701 kg/ha) (Promedio trienio mes de junio, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) = 32.4 US\$ /ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**16 Maíz:** kg/ha cultivo de maíz (promedio trienio) \* contenido energético = 11701 kg/ha/año \* 1.96 E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) = 2.29E+11 J/ha/año.

#### Tabla C.10. Evaluación emergética de soja de primera en MJ, trienio 1984-1986

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Energía (seJ/unidad)	Energía Renovable	Energía No Renovable.	Energía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1.00E+00	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.06E+10	3.10E+04	1.26E+15	0.00E+00	1.26E+15	50.1
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	7.46E+08	7.24E+04	0.00E+00	5.40E+13	5.40E+13	8.3
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	4.21E+09	1.11E+05	4.67E+12	4.63E+14	4.67E+14	18.6
7	Maquinaria	0.05	kg	4.59E+01	1.13E+13	2.58E+13	4.91E+14	5.17E+14	20.6
8	Semillas	0.01	kg	4.43E+01	1.00E+12	4.43E+11	4.39E+13	4.43E+13	1.8
9	Pesticidas	0.01	J	9.94E+07	6.60E+04	6.56E+10	6.49E+12	6.56E+12	0.3
Lab. y serv. (S)									
10	Labores	0.6	US\$	2.16E+00	1.08E+12	2.83E+12	1.89E+12	4.72E+12	0.2
11	Servicios	0.6	US\$	6.15E+00	1.08E+12	3.98E+12	2.66E+12	6.64E+12	0.3
Productos									
12	Soja de primera (E)		J	3.75E+10					
Emergía total (Y)								2.37E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 0.821 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla C.1. Tasa de erosión = 0.53 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 2.42 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 1 siembra; 2 Rastra de Disco de doble acción; 1 Cincel; 1 Rastra de dientes; 1 Escardillo; 1 Pulverización terrestre; 1 Cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas:** Semillas de soja (controladas por compañías) consumidas (promedio trienio) = 44.3 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha/año) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 0.46 kg Trifluralina /ha/año\* 35.7 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 16.42 Mcal/ha.; 0.20 Carbaryl kg/ha/año \* 36.4 Mcal/kg= 7.28 Mcal/ha; Consumo Anual de Pesticidas= 23.7 Mcal/ha/año\* 1000000 cal/Mcal/0.24 cal/J = 9.94E+07 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**10 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Rastra de Disco de doble acción = 0.18 US\$; Cincel = 0.42 US\$; Rastra de dientes = 0.10 US\$; Escardillo = 0.15 US\$; Cultivador = 0.35 US\$; Sembradora = 0.20 US\$; Pulverización terrestre = 0.13 US\$; Cosechadora= 0.50 US\$ (Peretti, 1984, 1985, 1986).

**11 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1US\$ /ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción (Rendimiento Promedio trienio /ha \* Precio Pizarra de soja, Mes de Abril). Costo total = 1+ 0.02 \* (0.104 US\$ /kg \* 2453 kg/ha)

(Promedio trienio mes de abril, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) = 6.15 US\$/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**12 Soja de primera:** kg/ha cultivo de soja de primera (promedio trienio) \* contenido energético = 2453 kg/ha/año \* 1.53E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) = 3.75E+11 J/ha/año.

**Tabla C.11. Evaluación emergética de soja de primera en MJ, trienio 1987-1989**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1.00E+00	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.17E+10	3.1E+04	1.29E+15	0.00E+00	1.29E+15	57.6
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	7.46E+08	7.24E+04	0.00E+00	5.40E+13	5.40E+13	2.4
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	4.66E+09	1.1E+05	5.16E+12	5.11E+14	5.2E+14	23.0
7	Maquinaria	0.05	kg	2.77E+01	1.12E+13	1.56E+13	2.97E+14	3.1E+14	13.9
8	Semillas	0.01	kg	5.50E+01	1E+12	5.50E+11	5.45E+13	5.5E+13	2.5
9	Pesticidas	0.01	J	5.36E+07	6.60E+04	3.54E+10	3.50E+12	3.5E+12	0.2
Lab. y serv.(S)									
10	Labores	0.6	US\$	4.19E+00	1.08E+12	2.72E+12	1.81E+12	4.5E+12	0.2
11	Servicios	0.6	US\$	5.21E+00	1.08E+12	3.37E+12	2.25E+12	5.6E+12	0.3
Productos									
12	Soja de primera (E)		J	3.17E+10					
Emergía total (Y)								2.24E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 0.845 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla C.1. Tasa de erosión = 0.53 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 2.42 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 1 siembra; 1.33 Escardillo; 1 Cultivador; 1 Pulverización terrestre; 1 Cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas:** Semillas de soja (controladas por compañías) consumidas (promedio trienio) = 55 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha/año) (promedio trienio) \* Emergía del Producto (Mcal/kg). 0.01 kg Cipermetrina /ha/año\* 138.1 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 1.38 Mcal/ha.; 0.31 kg Trifluralina /ha/año \* 35.7 Mcal/kg= 11.07 Mcal/ha; Consumo Anual de Pesticidas= 12.45 Mcal/ha/año\* 1000000 cal/Mcal/0.24 cal/J = 5.36E+07 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**10 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Rastra de Disco de doble acción = 0.47 US\$; Cincel = 0.96 US\$; Rastra de dientes = 0.19 US\$; Escardillo = 0.35 US\$; Cultivador = 0.35 US\$; Sembradora = 0.20 US\$; Pulverización terrestre = 0.13 US\$; Cosechadora = 0.50 US\$ (Peretti, 1987, 1988, 1989)

**11 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1US\$ /ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción (Rendimiento Promedio trienio /ha \* Precio Pizarra de soja, Mes de Abril). Costo total =  $1 + 0.02 * (0.098 \text{ US\$/kg} * 2140 \text{ kg/ha})$  (Promedio trienio mes de abril, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) = 5.21 US\$/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**12 Soja de primera:** kg/ha cultivo de soja de primera (promedio trienio) \* contenido energético =  $2140 \text{ kg/ha/año} * 1.53\text{E}+07 \text{ J/kg}$  (Brandt-Williams, 2002) =  $3.17\text{E}+11 \text{ J/ha/año}$ .

**Tabla C.12. Evaluación emergética de soja de primera en MJ, trienio 1990-1992**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1.00E+00	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	5.36E+10	3.10E+04	1.66E+15	0.00E+00	1.66E+15	65.8
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	7.46E+08	7.24E+04	0.00E+00	5.40E+13	5.40E+13	2.1
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	4.37E+09	1.1E+05	4.84E+12	4.79E+14	4.8E+14	19.2
7	Maquinaria	0.05	kg	2.12E+01	1.13E+13	1.19E+13	2.26E+14	2.4E+14	9.4
8	Semillas	0.01	kg	6.40E+01	1E+12	6.40E+11	6.34E+13	6.4E+13	2.5
9	Pesticidas	0.01	J	1.53E+08	6.60E+04	1.01E+11	1.00E+13	1.0E+13	0.4
Suma (M)								7.97E+14	31.5
Lab. y serv.(S)									
10	Labores	0.6	US\$	3.69E+00	1.08E+12	2.39E+12	1.60E+12	4.0E+12	0.2
11	Servicios	0.6	US\$	9.50E+00	1.08E+12	6.16E+12	4.10E+12	1.0E+13	0.4
Productos									
12	Soja de primera (E)		J	4.18E+10					
Emergía total (Y)								2.53E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 1.085 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla C.1. Tasa de erosión = 0.53 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 2.42 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 1 siembra; 1.33 Rastra de Disco de doble acción; 0.33 Cincel; 2.67 Rastra de dientes; 0.67 Escardillo; 1.33 Cultivador; 1 Pulverización terrestre; 1 Cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas:** Semillas de soja (controladas por compañías) consumidas (promedio trienio) = 64 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha/año) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 0.003 Quizalofop kg/ha/año \* 126.2 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 0.38 Mcal/ha.; 0.13 kg Clorimuron- etil /ha/año \* 86.8 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 1.13 Mcal/ha; 0.15 Estrobilurina kg/ha .año \* 25 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 3.75 Mcal/ha; 0.16 kg Cletodim /ha/año \* 123.1 Mcal/kg( Ferraro, Comunicación Personal) = 19.71 Mcal/ha; Consumo Anual de Pesticidas= 36.3 Mcal/ha/año\* 1000000 cal/Mcal / 0.24 cal/J = 1.53E+08 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**10 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Rastra de Disco de doble acción = 0.32 US\$; Cincel = 0.33 US\$; Rastra de dientes = 0.22 US\$; Escardillo = 0.43 US\$; Cultivador = 0.43 US\$; Sembradora = 0.57 US\$; Pulverización terrestre = 0.17 US\$; Cosechadora = 0.53 US\$ (Peretti, 1990, 1991, 1992).

**11 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1US\$ /ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción (Rendimiento Promedio trienio /ha \* Precio Pizarra de soja, Mes de Abril). Costo total = 1+ 0.02 \* (0.156 US\$/kg \* 2730 kg/ha) (Promedio trienio mes de abril, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) = 9.5 US\$/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**12 Soja de primera:** kg/ha cultivo de soja de primera (promedio trienio) \* contenido energético = 2730 kg/ha/año \* 1.53E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) = 4.18E+11 J/ha/año.

**Tabla C.13. Evaluación energética de soja de primera en MJ, trienio 1993-1995**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Energía (seJ/unidad)	Energía Renovable	Energía No Renovable.	Energía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1.00E+00	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.96E+10	3.10E+04	1.54E+15	0.00E+00	1.54E+15	69.0
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	1.56E+09	7.24E+04	0.00E+00	1.13E+14	1.13E+14	5.1
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	2.26E+09	1.11E+05	2.50E+12	2.48E+14	2.5E+14	11.2
7	Maquinaria	0.05	kg	8.18E+00	1.13E+13	4.60E+12	8.74E+13	9.2E+13	4.1
8	Semillas	0.01	kg	8.08E+01	1E+12	8.08E+11	8.00E+13	8.1E+13	3.6
9	Pesticidas	0.01	J	2.05E+09	6.60E+04	1.35E+12	1.34E+14	1.4E+14	6.1
Lab.y serv.(S)									
10	Labores	0.6	US\$	2.80E+00	1.08E+12	1.81E+12	1.21E+12	3.0E+12	0.1
11	Servicios	0.6	US\$	1.49E+01	1.08E+12	9.68E+12	6.45E+12	1.6E+13	0.7
Productos									
12	Soja de primera (E)		J	5.46E+10					
Emergía total (Y)								2.23E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 1.004 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla C.1. Tasa de erosión = 0.27 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 2.56 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 1 siembra; 1 Rastra de Disco de doble acción; 1 Cultivador; 1.33 Pulverización terrestre; 1 Cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas:** Semillas de soja (controladas por compañías) consumidas (promedio trienio) = 80.8 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha/año) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 0.02 kg Metsulfuron /ha/año \* 86.8Mcal/kg (Ferraro, 2003)= 1.74 Mcal/ha; 2.8 kg Glifosato /ha/año \* 108 Mcal/kg (Ferraro, 2003)= 302.4 Mcal/ha ; 1.02 kg Cipermetrina /ha/año \* 138.1 Mcal/kg (Ferraro 2003) = 140.9 Mcal/ha; 0.17kg Endosulfán /ha/año \* 100 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 17 Mcal/ha, 0.16 kg Bentazon /ha/año \* 103.1 Mcal/kg( Ferraro 2003) = 16.51 Mcal/ha; 0.02 kg Haloxifop r-metil /ha/año \* 123.1 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 2.46 Mcal/ha; Consumo Anual de Pesticidas= 492 Mcal/ha/año\* 1000000 cal/Mcal / 0.24 cal/J = 2.05E+09 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**10 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Rastra de Disco de doble acción = 0.24 US\$; Cincel = 0.48 US\$; Rastra de dientes = 0.24 US\$; Escardillo = 0.48 US\$; Cultivador = 0.48 US\$; Sembradora = 1.01 US\$; Pulverización terrestre = 0.16 US\$; Cosechadora= 0.54 US\$ (Peretti, 1993, 1994, 1995).

**11 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1US\$ /ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción (Rendimiento Promedio trienio /ha \* Precio Pizarra de soja, Mes de Abril). Costo total = 1+ 0.02 \* (0.195 US\$/kg \* 3570 kg/ha) (Promedio trienio mes de abril, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) = 14.9 US\$/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**12 Soja de primera:** kg/ha cultivo de primera (promedio trienio) \* contenido energético = 3570 kg/ha/año \* 1.53 E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) = 5.46E+11 J/ha/año.

**Tabla C.14. Evaluación energética de soja de primera en MJ, trienio 1996-1998**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Energía (seJ/unidad)	Energía Renovable	Energía No Renovable.	Energía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
	a								
1	Sol	1	J	4.55E+13	1.00E+00	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	3.72E+10	3.10E+04	1.15E+15	0.00E+00	1.15E+15	66.0
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int.de la tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	7.69E+08	7.24E+04	0.00E+00	5.57E+13	5.57E+13	3.1
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	1.83E+09	1.11E+05	2.02E+12	2.00E+14	2.0E+14	11.6
7	Maquinaria	0.05	kg	3.04E+00	1.13E+13	1.71E+12	3.15E+13	3.4E+13	2.0
8	Semillas	0.01	kg	7.00E+01	1E+12	7.00E+11	6.93E+13	7.0E+13	4.0
9	Pesticidas	0.01	J	3.11E+09	66000	2.12E+12	2.10E+14	2.1E+14	12.1
Lab. y serv.(S)									
10	Labores	0.6	US\$	4.08E+00	1.08E+12	2.64E+12	1.76E+12	4.4E+12	0.3
11	Servicios	0.6	US\$	1.40E+01	1.08E+12	9.07E+12	6.05E+12	1.5E+13	0.9
Productos									
12	Soja de primera (E)		J	3.87E+10					
Emergía total (Y)								1.75E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 0.752 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla C.1. Tasa de erosión = 0.14 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 2.46 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.4. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 1 siembra; 2.33 pulverizaciones terrestres; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas:** Semillas de soja (controladas por compañías) consumidas (promedio trienio) = 70 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha/año) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 0.2 kg/ha Metsulfuron \* 86.8Mcal/kg (Ferraro, 2003)= 17.36 Mcal/ha; 6.5 kg/ha Glifosato \* 108 Mcal/kg (Ferraro, 2003)= 702 Mcal/ha ; 0.05 kg/ha Dicamba \* 70.2 Mcal/kg (Ferraro 2003) = 35.1 Mcal/ha; 0.15kg/ha .año Cletodim \* 123.1 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 18.48 Mcal/ha, 0.01 kg/ha/año Clorimuron etil \* 86.8 Mcal/kg( Ferraro 2003) = 0.868 Mcal/ha; 0.02 kg/ha/año Haloxifop r-metil \* 123.1 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 2.46 Mcal/ha; 0.63kg/ha/año 2.4D \* 20.2 Mcal/kg(Ferraro 2009, Comunicación Personal); 0.16 kg/ha \* 54.5 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal).= 87.2 Consumo Anual de Pesticidas= 863.4 Mcal/ha/año\* 1000000 cal/Mcal / 0.24 cal/J = 3.11E+09 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**10 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Sembradora = 1.14; Pulverizadora terrestre = 0.55 US\$; Cosechadora = 0.74 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**11 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1 US\$/ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción (Rendimiento Promedio trienio /ha \* Precio Pizarra de soja, Mes de Abril). Costo total = 1 + 0.02 \* (0.26 US\$/kg \* 2530 kg/ha) (Promedio trienio mes de abril, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) = 14 US\$/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**12 Soja de primera:** kg/ha cultivo de soja de primera (promedio trienio) \* contenido energético = 2530 kg/ha/año \* 1.53 E+07E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002)= 3.87E+11 J/ha/año.

**Tabla C.15. Evaluación emergética de soja de primera en MJ, trienio 1999-2001**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1.00E+00	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.09E+10	3.10E+04	1.27E+15	0.00E+00	1.27E+15	53.9
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérdida Neta de Suelo	0	J	7.65E+08	7.24E+04	0.00E+00	5.54E+13	5.54E+13	2.4
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	1.58E+09	1.11E+05	1.76E+12	1.74E+14	1.8E+14	7.5
7	Maquinaria	0.05	kg	3.04E+00	1.13E+13	1.71E+12	3.15E+13	3.4E+13	1.5
8	Semillas	0.01	kg	6.17E+01	1E+13	6.17E+12	6.11E+14	6.2E+14	26.2
9	Pesticidas	0.01	J	2.68E+09	6.60E+04	1.77E+12	1.75E+14	1.8E+14	7.5
Lab.y serv.(S)									
10	Labores	0.6	US\$	1.41E+01	1.08E+12	9.14E+12	6.09E+12	1.5E+13	0.6
11	Servicios	0.6	US\$	1.05E+01	1.08E+12	6.81E+12	4.54E+12	1.1E+13	0.5
Productos									
12	Soja de primera (E)		J	4.68E+10					
Emergía total (Y)								2.35E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 0.828 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

Recursos no renovables

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla C.1. Tasa de erosión = 0.14 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 2.42 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.4. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 1 siembra; 2.33 pulverizaciones terrestres; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas:** Semillas de soja (transgénicas, resistentes a glifosato) consumidas (promedio trienio) = 61.7 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha/año) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 5.83 kg/ha Glifosato \* 108 Mcal/kg (Ferraro, 2003)= 629.6 Mcal/ha; 0.48 kg/ha/año 2.4D \* 20.2 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal)= 9.7 Mcal/ha. Consumo Anual de Pesticidas= 639.3 Mcal/ha/año\* 1000000 cal/Mcal / 0.24 cal/J = 2.68E+09 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**10 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Sembradora = 3.84 US\$; Fertilizadora = 2.13 US\$; Cosechadora = 4.26 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**11 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1 US\$/ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción (Rendimiento Promedio trienio /ha \* Precio Pizarra de soja, Mes de Abril). Costo total = 1 + 0.02 \* (0.157 US\$/kg \* 3062 kg/ha) (Promedio trienio mes de abril, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) = 10.5 US\$/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**12 Soja de primera:** kg/ha cultivo de soja de primera (promedio trienio) \* contenido energético = 3062 kg/ha/año \* 1.53E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) = 4.68E+11 J/ha/año.

**Tabla C.16. Evaluación energética soja de primera en MJ, trienio 2002-2004**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1.00E+00	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.49E+10	3.10E+04	1.39E+15	0.00E+00	1.39E+15	57.1
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérdida Neta de Suelo	0	J	7.72E+08	7.24E+04	0.00E+00	5.59E+13	5.59E+13	2.3
Materiales (M)									
6	Comb.y Lubr.	0.01	J	1.29E+09	1.11E+05	1.44E+12	1.42E+14	1.44E+14	5.9
7	Maquinaria	0.05	kg	3.16E+00	1.13E+13	1.78E+12	3.38E+13	3.56E+13	1.5
8	Semillas	0.01	kg	6.00E+01	1.00E+13	6.00E+12	5.94E+14	6.00E+14	24.6
9	Pesticidas	0.01	J	2.56E+09	6.60E+04	1.69E+12	1.67E+14	1.69E+14	6.9
Labores y servicios(S)									
10	Labores	0.6	US\$	2.29E+01	1.08E+12	1.48E+13	9.88E+12	2.47E+13	1.0
11	Servicios	0.6	US\$	1.63E+01	1.08E+12	1.06E+13	7.05E+12	1.76E+13	0.7
Productos									

12	Soja de primera (E)	J	4.89E+10							
Emergía total (Y)							2.41E+15	100		

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 0.909 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla C.1. Tasa de erosión = 0.14 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 2.43 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.4. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 1 siembra; 1 pulverización terrestre; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas:** Semillas de soja (transgénicas, resistentes a glifosato) consumidas (promedio trienio) = 60 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha/año) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 0.04 kg/ha Metsulfurón \* 86.8 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 3.74; 5.33 kg Glifosato/ha/año \* 108 Mcal/kg (Ferraro, 2003)= 575.64 Mcal/ha; 0.03 kg Cipermetrina/ha/año \* 138.1 Mcal/kg (Ferraro, 2003)= 4.143 kg/ha/año; 0.27 kg Endosulfán /ha/año \* 100 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 27 Mcal/ha. Consumo Anual de Pesticidas= 610.52 Mcal/ha/año \* 1000000 cal/Mcal/0.24 cal/J = 2.56E+09 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**10 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Sembradora = 7.06 US\$; Pulverizadora terrestre = 2.82 US\$; Cosechadora = 7.94 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**11 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1 US\$/ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción (Rendimiento Promedio trienio /ha \* Precio Pizarra de soja, Mes de Abril). Costo total = 1 + 0.02 \* (0.249 US\$/kg \* 3193 kg/ha) (Promedio trienio mes de abril, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) = 16.3 US\$/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**12 Soja de primera:** kg/ha cultivo de primera (promedio trienio) \* contenido energético = 3193 kg/ha/año \* 1.53 E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) = 4.89 E+11 J/ha/año.

**Tabla C.17. Evaluación emergética de soja de primera en MJ, trienio 2005-2007**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1.00E+00	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.29E+10	3.10E+04	1.33E+15	0.00E+00	1.33E+15	52.6
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	8.98E+08	7.24E+04	0.00E+00	6.50E+13	6.50E+13	2.6
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	1.37E+09	1.11E+05	1.52E+12	1.50E+14	1.52E+14	6.0
7	Maquinaria	0.05	kg	3.53E+00	1.13E+13	1.99E+12	3.77E+13	3.97E+13	1.6
8	Semillas	0.01	kg	7.00E+01	1.00E+13	7.00E+12	6.93E+14	7.00E+14	27.7

9	Pesticidas	0.01	J	2.98E+09	6.60E+04	1.97E+12	1.95E+14	1.97E+14	7.8
	Labores y servicios(S)								
10	Labores	0.6	US\$	2.72E+01	1.08E+12	1.76E+13	1.18E+13	2.94E+13	1.2
11	Servicios	0.6	US\$	1.43E+01	1.08E+12	9.24E+12	6.16E+12	1.54E+13	0.6
	Productos								
12	Soja de primera (E)		J	5.83E+10					
	Emergía total (Y)							2.39E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 0.868 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla A.1.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla A.1. Tasa de erosión = 0.14 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 2.83 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.4. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 1 siembra; 2 pulverizaciones terrestres; 1 cosecha.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas:** Semillas de soja (transgénicas, resistentes a glifosato) consumidas (promedio trienio) = 70 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha/año) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 0.04 kg/ha Metsulfurón \* 86.8 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 3.74; 6.33 kg/ha Glifosato \* 108 Mcal/kg (Ferraro, 2003)= 683.64 Mcal/ha; 0.13 kg/ha Cipermetrina \* 138.1 Mcal/kg (Ferraro, 2003)= 17.95 kg/ha/año; 0.27 kg/ha/año 2.4D \* 20.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 5.45 Mcal/ha. Consumo Anual de Pesticidas= 710.78 Mcal/ha/año \* 1000000 cal/Mcal / 0.24 cal/J = 2.98E+09 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**10 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Sembradora = 7.06 US\$; Pulverizadora terrestre = 2.82 US\$; Cosechadora = 7.94 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**11 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1 US\$/ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción (Rendimiento Promedio trienio /ha \* Precio Pizarra de soja, Mes de Abril). Costo total = 1 + 0.02 \* (0.173 US\$/kg \* 3810 kg/ha) (Promedio trienio mes de abril, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) = 14.3 US\$/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**12 Soja de primera:** kg/ha cultivo de soja de primera (promedio trienio) \* contenido energético = 3810 kg/ha/año \* 1.53E+07 E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002)= 5.83E+11 J/ha/año.

**Tabla C.18. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, trienio 1984-1986**

Nota	Ítem	Fración Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1.00E+00	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.06E+10	3.10E+04	1.26E+15	0.00E+00	1.26E+15	46.2
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									

5	Pérd. Neta de Suelo	0	J	4.32E+09	7.24E+04	0.00E+00	3.13E+14	3.13E+14	11.5	
	Materiales (M)									
6	Comb.y Lubr.	0.01	J	6.06E+09	1.11E+05	6.72E+12	6.66E+14	6.72E+14	24.7	
7	Maquinaria	0.05	kg	2.15E+01	1.13E+13	1.21E+13	2.30E+14	2.42E+14	8.9	
8	Semillas Soja	0.01	kg	8.33E+01	1.00E+12	8.33E+11	8.25E+13	8.33E+13	3.1	
9	Semillas Trigo	0.01	kg	9.87E+01	1.00E+12	9.87E+11	9.77E+13	9.87E+13	3.6	
10	Pesticidas	0.01	J	6.76E+08	6.60E+04	4.46E+11	4.42E+13	4.46E+13	1.6	
	Lab y serv.(S)									
11	Labores	0.6	US\$	2.13E+00	1.08E+12	1.38E+12	9.20E+11	2.30E+12	0.1	
12	Servicios	0.6	US\$	7.28E+00	1.08E+12	4.72E+12	3.15E+12	7.87E+12	0.3	
	Productos									
13	Soja		J	2.48E+10						
13	Trigo		J	2.73E+10						
	Total (E)									
			J	5.21E+10						
	Energía total (Y)						2.72E+15		100,	

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 0.821 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la Tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla C.1. Tasa de erosión = 0.79 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 2.42 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 2 siembras; 1.67 Rastra de Disco de doble acción; 0.33 Cincel; 2 Rastra de dientes; 1.67 Escardillo; 1.33 Cultivador; 2.76 Pulverizaciones terrestres; 2 Cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas Soja\*:** Semillas de soja (controladas por compañías) consumidas (promedio trienio) = 83.3 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Semillas Trigo\*:** Semillas de trigo (controladas por compañías) consumidas (promedio trienio) = 98.7 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**10 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha/año) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 0.27 kg/ha/año Atrazina \* 45.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003)= 12.2 Mcal/ha; 0.08 kg/ha/año Nicosulfurón \* 84.4 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal)= 6.75 Mcal/ha; 0.33 kg/ha 2.4D \* 20.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 6.67 Mcal/ha; 0.04kg/ha/año Acetoclor \* 65.7 Mcal/kg (Ferraro 2009, Comunicación Personal) = 2.63 Mcal/ha, 0.53 kg/ha/año Endosulfán \* 100 Mcal/kg( Ferraro, Comunicación Personal) = 53 Mcal/ha; 0.16 kg/ha/año Paraquat \* 109.4 Mcal/kg (Ferraro, 2003)= 17.5 Mcal/ha; 0.11 kg/ha Diquat \* 109.4 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 12.03 Mcal/ha/año. Consumo Anual de Pesticidas= 162.24 Mcal/ha/año\* 1000000 cal/Mcal / 0.24 cal/J = 6.76E+08 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**11 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Rastra de Disco de doble acción = 0.28 US\$; Cincel = 0.13 US\$; Rastra de dientes = 0.13 US\$; Escardillo = 0.15 US\$; Cultivador = 0.16 US\$; Sembradora = 0.15 US\$; Pulverización terrestre = 0.13 US\$; Pulverización Aérea = 0.33 US\$; Cosechadora = 0.35 US\$ (Peretti, 1985, 1986, 1987).

**12 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1US\$/ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción ((Rendimiento Promedio trienio soja /ha \* Precio Pizarra de soja, Mes de Abril, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) +

(Rendimiento Promedio trienio trigo /ha \* Precio Pizarra de trigo, Mes de Enero, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010)).  
Costo total =  $1 + 0.02 * ((0.105 \text{ US\$/kg} * 1620 \text{ kg/ha}) + (0.046 \text{ US\$/kg} * 1981 \text{ kg/ha})) = 7.28 \text{ US\$/ha/año}$ . Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**13 Soja:** kg/ha soja (promedio trienio) \* contenido energético soja =  $1620 \text{ kg/ha/año} * 1.53\text{E}+07 \text{ J/kg}$  (Brandt-Williams, 2002) =  $2.48\text{E}+10 \text{ J/ha/año}$ .

**13 Trigo:** kg/ha trigo (promedio trienio) \* contenido energético trigo =  $1981 \text{ kg/ha/año} * 1.38\text{E}+07 \text{ J/kg}$  (Pimentel, 1980) =  $2.73\text{E}+10 \text{ J/ha/año}$ .

\*: El ítem Semillas se cuantifica por separado por tener distintos valores de transformidad (a partir del año 1999).

**Tabla C.19. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, trienio 1987-1989**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1.00E+00	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.17E+10	3.10E+04	1.29E+15	0.00E+00	1.29E+15	51.0
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérdida Neta de Suelo	0	J	2.18E+09	7.24E+04	0.00E+00	1.58E+14	1.58E+14	6.2
Materiales (M)									
6	Comb.y Lubr.	0.01	J	5.86E+09	1.11E+05	6.49E+12	6.43E+14	6.49E+14	25.6
7	Maquinaria	0.05	kg	2.02E+01	1.13E+13	1.14E+13	2.16E+14	2.28E+14	8.9
8	Semillas Soja	0.01	kg	8.00E+01	1.00E+12	8.00E+11	7.92E+13	8.00E+13	3.1
9	Semillas Trigo	0.01	kg	8.00E+01	1.00E+12	8.00E+11	7.92E+13	8.00E+13	3.1
10	Pesticidas	0.01	J	5.20E+08	6.60E+04	3.43E+11	3.40E+13	3.43E+13	1.3
Labores y servicios(S)									
11	Labores	0.6	US\$	4.41E+00	1.08E+12	2.86E+12	1.90E+12	4.76E+12	0.1
12	Servicios	0.6	US\$	6.58E+00	1.08E+12	4.26E+12	2.84E+12	7.10E+12	0.2
Productos									
13	Soja		J	2.94E+10					
13	Trigo		J	3.36E+10					
	Total (E)		J	6.29E+03					
Emergía total (Y)								2.53E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 0.845 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla C.1. Tasa de erosión =  $0.40 \text{ kg/m}^2\text{.año}$  (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área =  $10000 \text{ m}^2$ ; % Materia orgánica del suelo = 2.42 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 2 siembras; 1.67 Rastra de Disco de doble acción; 2.33 Cincel; 0.5 Rastra de dientes; 0.5 Escardillo; 1 Cultivador; 1.66 Pulverización terrestre; 2 Cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas Soja\*:** Semillas de soja (controladas por compañías) consumidas (promedio trienio) = 80 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Semillas Trigo\*:** Semillas de trigo (controladas por compañías) consumidas (promedio trienio) = 80 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**10 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha/año) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 0.67 kg/ha/año Glifosato \* 108 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 72.36 Mcal/ha; 0.2 kg/ha/año Nicosulfurón \* 84.4 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 16.88 Mcal/ha; 1.22 kg/ha/año 2.4D \* 20.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 24.64 Mcal/ha; 0.17 kg/ha/año Quizalofop \* 126.2 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 21.5 Mcal/ha. Consumo Anual de Pesticidas= 124.8 Mcal/ha/año\* 1000000 cal/Mcal/ 0.24 cal/J = 5.20E+08 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**11 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Rastra de Disco de doble acción = 0.96 US\$; Cincel = 0.35 US\$; Rastra de dientes = 0.47 US\$; Escardillo = 0.35 US\$ Cultivador = 0.43 US\$; Sembradora = 0.19 US\$; Pulverización terrestre = 0.19 US\$; Pulverización Aérea = 0.33 US\$; Cosechadora = 0.47 US\$ (Peretti, 1985, 1986, 1987).

**12 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1US\$/ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción ((Rendimiento Promedio trienio soja /ha \* Precio Pizarra de soja, Mes de Abril, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) + (Rendimiento Promedio trienio trigo /ha \* Precio Pizarra de trigo, Mes de Enero, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010)). Costo total = 1+ 0.02 \* ((0.06 US\$/kg \* 1927 kg/ha) + (0.068 US\$/kg \* 2438 kg/ha))= 6.58 US\$/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**13 Soja:** kg/ha soja (promedio trienio) \* contenido energético soja = 1927 kg/ha/año \* 1.53E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) = 2.94E+10 J/ha/año.

**13 Trigo:** kg/ha trigo (promedio trienio) \* contenido energético trigo = 2438 kg/ha/año\* 1.38E+07/kg (Pimentel, 1980) = 3.36E+10J/ha/año.

\*: El ítem Semillas se cuantifica por separado por tener distintos valores de transformidad (a partir del año 1999).

**Tabla C.20. Evaluación energética de trigo/soja en MJ, trienio 1990-1992**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Energía (seJ/unidad)	Energía Renovable	Energía No Renovable.	Energía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1.00E+00	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	5.36E+10	3.10E+04	1.66E+15	0.00E+00	1.66E+15	63.0
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérdida Neta de Suelo	0	J	1.11E+09	7.24E+04	0.00E+00	8.00E+13	8.00E+13	3.0
Materiales (M)									
6	Comb.y Lubr.	0.01	J	4.78E+09	1.11E+05	5.30E+12	5.25E+14	5.30E+14	20.1
7	Maquinaria	0.05	kg	1.27E+01	1.13E+13	7.16E+12	1.36E+14	1.43E+14	5.4
8	Semillas Soja	0.01	kg	8.13E+01	1.00E+12	8.13E+11	8.05E+13	8.13E+13	3.08
9	Semillas Trigo	0.01	kg	8.67E+01	1.00E+12	8.67E+11	8.58E+13	8.67E+13	3.19
10	Pesticidas	0.01	J	5.78E+08	6.60E+04	3.82E+11	3.78E+13	3.82E+13	1.4
Lab.y serv.(S)									
11	Labores	0.6	US\$	2.92E+00	1.08E+12	1.89E+12	1.26E+12	3.16E+12	0.1
12	Servicios	0.6	US\$	1.17E+01	1.08E+12	7.59E+12	5.06E+12	1.27E+13	0.5

Productos			
13	Soja	J	2.35E+10
13	Trigo	J	3.10E+10
	Total (E)	J	5.55E+10
Emergía total (Y)			2.64E+15
			100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 0.964 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla C.1. Tasa de erosión = 0.19 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 2.42 (promedio trienio medido).

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 2 siembras; 1.33 Rastra de Disco de doble acción; 0.33 Cincel; 1.33 Rastra de dientes; 0.33 Escardillo; 1 Cultivador; 2 Pulverizaciones terrestres; 2 Cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas Soja\*:** Semillas de soja (controladas por compañías) consumidas (promedio trienio) = 81.3 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Semillas Trigo\*:** Semillas de trigo (controladas por compañías) consumidas (promedio trienio) = 86.7 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**10 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha/año) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 0.83 kg/ha/año Glifosato \* 108 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 89.64 Mcal/ha; 0.2 kg/ha/año Clorimuron etil \* 86.8 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal)= 17.36 Mcal/ha; 0.03 kg/ha/año 2.4D \* 20.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 0.6 Mcal/ha; 0.17 kg/ha/año Bentazon \* 103.1 Mcal/kg (Ferraro 2003) = 17.54 Mcal/ha. Consumo Anual de Pesticidas= 138.72 Mcal/ha/año\* 1000000 cal/Mcal / 0.24 cal/J = 5.78E+08 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**11 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Rastra de Disco de doble acción = 0.18 US\$; Cincel = 0.26 US\$; Rastra de dientes = 0.17 US\$; Escardillo = 0.38 US\$; Cultivador = 0.38 US\$; Sembradora = 0.39 US\$; Pulverización terrestre = 0.35 US\$; Cosechadora= 0.43 US\$ (Peretti, 1990, 1991, 1992).

**12 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1US\$/ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción ((Rendimiento Promedio trienio soja /ha \* Precio Pizarra de soja, Mes de Abril, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) + (Rendimiento Promedio trienio trigo /ha \* Precio Pizarra de trigo, Mes de Enero, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010)). Costo total = 1+ 0.02 \* ((0.145 US\$/kg \* 1539 kg/ha) + (0.139 US\$/kg \* 2318 kg/ha))= 11.7 US\$/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**13 Soja:** kg/ha soja (promedio trienio) \* contenido energético soja = 1539 kg/ha/año \* 1.53E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) = 2.35E+10 J/ha/año.

**13 Trigo:** kg/ha trigo (promedio trienio) \* contenido energético trigo = 2318 kg/ha/año\* 1.38E+07/kg (Pimentel, 1980) = 3.10E+10J/ha/año.

\*: El ítem Semillas se cuantifica por separado por tener distintos valores de transformidad (a partir del año 1999).

Tabla C.21. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, trienio 1993-1995

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1.00E+00	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.96E+10	3.10E+04	1.54E+15	0.00E+00	1.54E+15	67.2
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérdida Neta de Suelo	0	J	1.17E+09	7.24E+04	0.00E+00	8.46E+13	8.46E+13	3.7
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	3.10E+09	1.11E+05	3.54E+12	3.51E+14	3.54E+14	15.5
7	Maquinaria	0.05	kg	7.32E+00	1.13E+13	4.12E+12	7.83E+13	8.24E+13	3.6
8	Semillas Soja	0.01	kg	7.33E+01	1.00E+12	7.33E+11	7.26E+13	7.33E+13	3.10
9	Semillas Trigo	0.01	kg	9.83E+01	1.00E+12	9.83E+11	9.74E+13	9.83E+13	4.30
10	Pesticidas	0.01	J	5.47E+08	6.60E+04	3.61E+11	3.58E+13	3.61E+13	1.6
Labores y servicios(S)									
11	Labores	0.6	US \$	5.61E+00	1.08E+12	3.64E+12	2.42E+12	6.06E+12	0.3
12	Servicios	0.6	US \$	1.54E+01	1.08E+12	9.96E+12	6.64E+12	1.66E+13	0.7
Productos									
13	Soja		J	3.39E+10					
13	Trigo		J	2.65E+10					
	Total (E)		J	6.04E+10					
	Emergía total (Y)						2.29E+15		100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 1.004 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie de Tabla C.1. Tasa de erosión = 0.2 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 2.56 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 2 siembras; 0.33 Rastra de Disco de doble acción; 0.33 Cincel; 0.33 Rastra de dientes; 1 Escardillo; 1 Cultivador; 2.33 Pulverizaciones terrestres; 2 Cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas Soja\*:** Semillas de soja (controladas por compañías) consumidas (promedio trienio) = 73.3 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Semillas Trigo\*:** Semillas de trigo (controladas por compañías) consumidas (promedio trienio) = 98.3 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**10 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha/año) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 0.83 kg/ha/año Glifosato \* 108 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 89.64 Mcal/ha; 0.03 kg/ha/año Clorimuron etil \* 86.8 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 2.6 Mcal/ha; 0.47 kg/ha/año 2.4D \* 20.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 9.5 Mcal/ha; 0.07 kg/ha/año Carbaryl \* 36.4 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 2.54 Mcal/ha; 0.1 kg/ha/año Dicamba \* 70.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 7.02 Mcal/ha; 0.02 kg/ha/año Cipermetrina \* 138.1 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 2.76 Mcal/ha; 0.08 kg/ha/año Paraquat \* 109, 4 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 8.752 Mcal/ha; 0.05 kg/ha/año Diquat \* 109, 4 Mcal/ kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 5.47 Mcal/ha; 0.08 kg/ha/año Clorpirifós \* 54.5 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 4.36 Mcal/ha. Consumo Anual de Pesticidas= 132.64 Mcal/ha/año\* 1000000 cal/Mcal / 0.24 cal/J = 5.47E+08 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**11 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Rastra de Disco de doble acción = 0.35 US\$; Cincel = 0.96 US\$; Rastra de dientes = 0.35 US\$; Escardillo = 0.7 US\$; Cultivador = 0.35 US\$; Sembradora = 0.43 US\$; Pulverización terrestre = 0.19 US\$; Cosechadora= 0.54 US\$ (Peretti, 1987, 1988, 1989) (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**12 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1US\$/ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción ((Rendimiento Promedio trienio soja /ha \* Precio Pizarra de soja, Mes de Abril, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) + (Rendimiento Promedio trienio trigo /ha \* Precio Pizarra de trigo, Mes de Enero, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010)). Costo total = 1+ 0.02 \* ((0.197 US\$/kg \* 2213 kg/ha) + (0.13 US\$/kg \* 1922 kg/ha))= 15.4 US\$/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**13 Soja:** kg/ha soja (promedio trienio) \* contenido energético soja = 2213 kg/ha/año \* 1.53E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) = 3.39E+10 J/ha/año.

**13 Trigo:** kg/ha trigo (promedio trienio) \* contenido energético trigo = 1922 kg/ha/año\* 1.38E+07/kg (Pimentel, 1980) = 2.65E+10J/ha/año.

\*: El ítem Semillas se cuantifica por separado por tener distintos valores de transformidad (a partir del año 1999).

**Tabla C.22. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, trienio, 1996-1998**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1.0E+00	4.55E+13	0.0E+00	4.6E+13	
2	Lluvia	1	J	3.7E+10	3.1E+04	1.2E+15	0.0E+00	1.2E+15	62.6
3	Viento	1	J	8.0E+08	2.5E+03	2.0E+12	0.0E+00	2.0E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.0E+10	1.2E+04	1.2E+14	0.0E+00	1.2E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérdida Neta de Suelo	0	J	1.1E+09	7.2E+04	0.0E+00	8.0E+13	8.0E+13	4.3
Materiales (M)									
6	Comb.y Lubr.	0.01	J	2.9E+09	1.1E+05	3.3E+12	3.1E+14	3.3E+14	17.7
7	Maquinaria	0.05	kg	2.2E+00	1.1E+13	1.2E+12	2.3E+13	2.5E+13	1.3
8	Semillas Soja	0.01	kg	7.2E+01	1.0E+12	7.2E+11	7.2E+13	7.2E+13	3.93
9	Semillas Trigo	0.01	kg	7.9E+01	1.0E+12	7.9E+11	7.8E+13	7.9E+13	4.29
10	Pesticidas	0.01	J	1.3E+09	6.6E+04	8.3E+11	8.2E+13	8.3E+13	4.5
Labores y servicios(S)									
11	Labores	0.6	US\$	4.9E+00	1.1E+12	3.1E+12	2.1E+12	5.2E+12	0.3
12	Servicios	0.6	US\$	1.8E+01	1.1E+12	1.2E+13	7.9E+12	2.0E+13	1.1
Productos									
13	Soja		J	3.01E+10					
13	Trigo		J	2.88E+10					

Total (E)	J	5.9E+10		
Emergía total (Y)			1.8E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 0.752 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla C.1. Tasa de erosión = 0.2 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 2.46 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.4. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 2 siembras; 2.67 pulverizaciones terrestres; 2 cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla A.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas Soja\*:** Semillas de soja (controladas por compañías) consumidas (promedio trienio) = 72 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Semillas Trigo\*:** Semillas de trigo (controladas por compañías) consumidas (promedio trienio) = 79 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**10 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha/año) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 2.17 kg/ha/año Glifosato \* 108 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 234.36 Mcal/ha; 0.17 kg/ha/año 2.4D \* 20.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 3.43 Mcal/ha; 0.7 kg/ha/año Acetoclor \* 65.7 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 45.99 Mcal/ha; 0.1 kg/ha/año Dicamba \* 70.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 7.02 Mcal/ha; 0.08 kg/ha/año Cletodim \* 123.1 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 9.856 Mcal/ha. Consumo Anual de Pesticidas= 300.6 Mcal/ha/año\* 1000000 cal/Mcal / 0.24 cal/J = 1.3E+09 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**11 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Sembradora = 1.14 US\$; Pulverizadora terrestre = 0.385 US\$; Cosechadora = 0.74 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**12 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1US\$/ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción ((Rendimiento Promedio trienio soja /ha \* Precio Pizarra de soja, Mes de Abril, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) + (Rendimiento Promedio trienio trigo /ha \* Precio Pizarra de trigo, Mes de Enero, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010)). Costo total = 1+ 0.02 \* ((0.24 US\$/kg \* 1973 kg/ha) + (0.17 US\$/kg \* 2087 kg/ha))= 18 US\$/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**13 Soja:** kg/ha soja (promedio trienio) \* contenido energético soja = 1973 kg/ha/año \* 1.53E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) = 3.01E+10 J/ha/año.

**13 Trigo:** kg/ha trigo (promedio trienio) \* contenido energético trigo = 2087 kg/ha/año\* 1.38E+07/kg (Pimentel, 1980) = 2.88E+10J/ha/año.

\*: El ítem Semillas se cuantifica por separado por tener distintos valores de transformidad (a partir del año 1999).

**Tabla C.23. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, trienio 1999-2001**

Nota	Ítem	Fración Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1.00E+00	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.09E+10	3.10E+04	1.27E+15	0.00E+00	1.27E+15	47.4

3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérdida Neta de Suelo	0	J	1.05E+09	7.24E+04	0.00E+00	7.62E+13	7.62E+13	2.9
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	1.98E+09	1.11E+05	2.20E+12	2.18E+14	2.20E+14	8.1
7	Maquinaria	0.05	kg	2.19E+00	1.13E+13	1.24E+12	2.35E+13	2.47E+13	1.0
8	Semillas Soja	0.01	kg	6.83E+01	1.00E+13	6.83E+12	6.77E+14	6.83E+14	25.6
9	Semillas Trigo	0.01	kg	1.12E+02	1.00E+12	1.12E+12	1.11E+14	1.12E+14	4.2
10	Nitrógeno	0.01	kg	1.38E+01	3.90E+12	5.38E+11	5.33E+13	5.38E+13	2.0
11	Fósforo	0.01	kg	1.38E+01	4.60E+12	6.35E+11	6.28E+13	6.35E+13	2.4
12	Azufre	0.01	kg	3.57E+00	2.20E+07	7.85E+05	7.78E+07	7.85E+07	0.0
13	Pesticidas	0.01	J	2.13E+09	6.60E+04	1.41E+12	1.39E+14	1.41E+14	5.3
Labores y servicios(S)									
14	Labores	0.6	US\$	1.37E+01	1.08E+12	8.88E+12	5.92E+12	1.48E+13	0.6
15	Servicios	0.6	US\$	1.35E+01	1.08E+12	8.78E+12	5.85E+12	1.46E+13	0.5
Productos									
16	Soja		J	3.17E+10					
16	Trigo		J	3.10E+10					
	Total (E)		J	6.37E+10					
Emergía total (Y)							2.67E+15	100	

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 0.828 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla C.1. Tasa de erosión = 0.19 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 2.42 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.4. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 2 siembras; 2.67 pulverizaciones terrestres; 2 cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas Soja\*:** Semillas de soja (transgénicas, con resistencia incorporada a herbicidas) consumidas (promedio trienio) = 68.3 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Semillas Trigo\*:** Semillas de trigo (controladas por compañías) consumidas (promedio trienio) = 112 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**10 Nitrógeno:** Nitrógeno consumido= 30 Kg Urea (promedio trienio)\* 0.46 (%N). Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**11 Fósforo:** Fósforo consumido= 68 Kg Superfosfato triple (promedio trienio) \* 0.46 (%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) \* 0.44 (%P- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**12 Azufre:** Azufre consumido= 21 Kg Sulfato de Calcio (promedio trienio)\* 0.17 (%S). Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**13 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha/año) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 4.67 kg/ha/año Glifosato \* 108 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 504.36 Mcal/ha; 0.7 kg/ha/año Atrazina \* 45.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 31.64 Mcal/ha; 0.07 kg/ha/año Dicamba \* 70.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 4.91 Mcal/ha; Consumo Anual de Pesticidas= 540.91Mcal/ha/año\* 1000000 cal/Mcal/0.24 cal/J = 2.13E+09 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**14 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Sembradora = 2.04 US\$; Pulverizadora terrestre = 1.63 US\$ = 4.35 US\$; Cosechadora = 2.46 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**15 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1US\$/ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción ((Rendimiento Promedio trienio soja /ha \* Precio Pizarra de soja, Mes de Abril, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) + (Rendimiento Promedio trienio trigo /ha \* Precio Pizarra de trigo, Mes de Enero, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010)). Costo total = 1+ 0.02 \* ((0.16 US\$/kg \* 2105 kg/ha) + (0.11 US\$/kg \* 2368 kg/ha))= 13.5 US\$/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**16 Soja:** kg/ha soja (promedio trienio \* contenido energético soja = 2105 kg/ha/año \* 1.53E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) = 3.17E+10 J/ha/año.

**16 Trigo:** kg/ha trigo (promedio trienio \* contenido energético trigo = 2368 kg/ha/año \* 1.38E+07/kg (Pimentel, 1980) = 3.10E+10J/ha/año.

\*: El ítem Semillas se cuantifica por separado por tener distintos valores de transformidad (a partir del año 1999).

**Tabla C.24. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, trienio 2002-2004**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1.00E+00	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.49E+10	3.10E+04	1.39E+15	0.00E+00	1.39E+15	44.4
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérdida Neta de Suelo	0	J	1.06E+09	7.24E+04	0.00E+00	7.69E+13	7.69E+13	2.5
Materiales (M)									
6	Comb.y Lubr.	0.01	J	2.55E+09	1.11E+05	2.83E+12	2.80E+14	2.83E+14	9.0
7	Maquinaria	0.05	kg	2.21E+00	1.13E+13	1.24E+12	2.36E+13	2.48E+13	0.8
8	Semillas Soja	0.01	kg	7.83E+01	1.00E+13	7.83E+12	7.76E+14	7.83E+14	24.99
9	Semillas Trigo	0.01	kg	1.07E+02	1.00E+12	1.07E+12	1.06E+14	1.07E+14	3.42
10	Nitrógeno	0.01	kg	7.66E+01	3.90E+12	2.99E+12	2.96E+14	2.99E+14	9.5
11	Azufre	0.01	kg	7.08E+00	2.20E+07	1.56E+06	1.54E+08	1.56E+08	0.0
12	Pesticidas	0.01	J	1.73E+09	6.60E+04	1.14E+12	1.13E+14	1.14E+14	3.6
Labores y servicios(S)									
13	Labores	0.6	US\$	3.50E+01	1.08E+12	2.27E+13	1.51E+13	3.78E+13	1.2
14	Servicios	0.6	US\$	1.48E+01	1.08E+12	9.58E+12	6.39E+12	1.60E+13	0.5
Productos									
15	Soja		J	3.38E+10					
15	Trigo		J	3.16E+10					
	Total (E)		J	6.64E+10					
	Emergía total (Y)							3.13E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 0.909 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1. Tasa de erosión = 0.19 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 2.43 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.4. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 2 siembras; 3.67 pulverizaciones terrestres; 2 cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas Soja\*:** Semillas de soja (transgénicas, con resistencia incorporada a herbicidas) consumidas (promedio trienio) = 78.3 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Semillas Trigo\*:** Semillas de trigo (controladas por compañías) consumidas (promedio trienio) = 107 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**10 Nitrógeno:** Nitrógeno consumido= 167 kg Urea (promedio trienio) \* 0.46 (%N). Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**11 Azufre:** Azufre consumido= 42 kg Sulfato de Calcio (promedio trienio)\* 0.17 (%S). Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**12 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha/año) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 3.5 kg/ha/año Glifosato \* 108 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 378 Mcal/ha; 0.5 kg/ha/año 2.4D \* 20.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 10.1 Mcal/ha; 0.13 kg/ha/año Endosulfán \* 100 Mcal/kg (Ferraro, Comunicación Personal) = 13 Mcal/ha; Consumo Anual de Pesticidas= 401.1Mcal/ha/año\* 1000000 cal/Mcal / 0.24 cal/J = 1.73E+09 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**13 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Sembradora = 6.06 US\$; Pulverizadora terrestre = 2.40 US\$; Cosechadora = 7.24 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**14 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1US\$/ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción ((Rendimiento Promedio trienio soja /ha \* Precio Pizarra de soja, Mes de Abril, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) + (Rendimiento Promedio trienio trigo /ha \* Precio Pizarra de trigo, Mes de Enero, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010)). Costo total = 1+ 0.02 \* ((0.20 US\$/kg \* 2215 kg/ha) + (0.1 US\$/kg \* 2359 kg/ha))= 14.8 US\$/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**15 Soja:** kg/ha soja (promedio trienio) \* contenido energético soja = 2215 kg/ha/año \* 1.53E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002)= 3.38E+10 J/ha/año.

**15 Trigo:** kg/ha trigo (promedio trienio) \* contenido energético trigo = 2359 kg/ha/año \* 1.38E+07/kg (Pimentel, 1980) = 3.16E+10 J/ha/año.

\*: El ítem Semillas se cuantifica por separado por tener distintos valores de transformidad (a partir del año 1999).

**Tabla C.25. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, trienio 2005-2007**

Nota	Ítem	Fración Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol	1	J	4.55E+13	1.00E+00	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia	1	J	4.29E+10	3.10E+04	1.33E+15	0.00E+00	1.33E+15	38.9
3	Viento	1	J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra	1	J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									

5	Pérdida Neta de Suelo	0	J	1.23E+09	7.24E+04	0.00E+00	8.94E+13	8.94E+13	2.6
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.	0.01	J	3.04E+09	1.11E+05	3.37E+12	3.34E+14	3.37E+14	9.9
7	Maquinaria	0.05	kg	2.20E+00	1.13E+13	1.24E+12	2.35E+13	2.48E+13	0.7
8	Semillas Soja	0.01	kg	8.00E+01	1.00E+13	8.00E+12	7.92E+14	8.00E+14	23.40
9	Semillas Trigo	0.01	kg	1.18E+02	1.00E+12	1.18E+12	1.17E+14	1.18E+14	3.46
10	Nitrógeno	0.01	kg	8.03E+01	3.90E+12	3.13E+12	3.10E+14	3.13E+14	9.2
11	Fósforo	0.01	kg	3.68E+01	4.60E+12	1.69E+12	1.68E+14	1.69E+14	5.0
12	Azufre	0.01	kg	4.25E+00	2.20E+07	9.35E+05	9.26E+07	9.35E+07	0.0
13	Pesticidas	0.01	J	2.56E+09	6.60E+04	1.69E+12	1.67E+14	1.69E+14	4.9
Labores y servicios(S)									
14	Labores	0.6	US\$	4.24E+01	1.08E+12	2.74E+13	1.83E+13	4.57E+13	1.3
15	Servicios	0.6	US\$	2.09E+01	1.08E+12	1.36E+13	9.05E+12	2.26E+13	0.7
Productos									
16	Soja		J	5.42E+10					
16	Trigo		J	4.39E+10					
	Total (E)		J	9.81E+10					
Emergía total (Y)								3.42E+15	100

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 0.868 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla C.1. Tasa de erosión = 0.19 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 2.83 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.4. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 2 siembras; 3.5 pulverizaciones terrestres; 2 cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas Soja\*:** Semillas de soja (transgénicas, con resistencia incorporada a herbicidas) consumidas (promedio trienio) = 80 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**9 Semillas Trigo\*:** Semillas de trigo (controladas por compañías) consumidas (promedio trienio) = 118 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**10 Nitrógeno:** Nitrógeno consumido= 175 Kg Urea (promedio trienio) \* 0.46 (%N). Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**11 Fósforo:** Fósforo consumido= 182 Kg Superfosfato triple (promedio trienio)\* 0.46 (%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) \* 0.44 (%P- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**12 Azufre:** Azufre consumido= 25 Kg Sulfato de Calcio (promedio trienio)\* 0.17(%S). Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**13 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha/año) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 6.17 kg/ha Glifosato \* 108 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 666.36 Mcal/ha; 0.6 kg/ha 2.4D \* 20.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 12.12 Mcal/ha. Consumo Anual de Pesticidas= 678.48 Mcal/ha/año\* 1000000 cal/Mcal / 0.24 cal/J = 2.56E+09 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**14 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla.

Sembradora = 7.99 US\$; Pulverizadora terrestre = 3.39 US\$; Cosechadora = 8.29 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**15 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1US\$/ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción ((Rendimiento Promedio trienio soja /ha \* Precio Pizarra de soja, Mes de Abril, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) + (Rendimiento Promedio trienio trigo /ha \* Precio Pizarra de trigo, Mes de Enero, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010)). Costo total =  $1 + 0.02 * ((0.18 \text{ US\$/kg} * 3545 \text{ kg/ha}) + (0.10 \text{ US\$/kg} * 3182 \text{ kg/ha})) = 20.9 \text{ US\$/ha/año}$ . Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**16 Soja:** kg/ha soja (promedio trienio) \* contenido energético soja =  $3545 \text{ kg/ha/año} * 1.53\text{E}+07 \text{ J/kg}$  (Brandt-Williams, 2002)=  $5.42\text{E}+10 \text{ J/ha/año}$ .

**16 Trigo:** kg/ha trigo (promedio trienio) \* contenido energético trigo =  $3182 \text{ kg/ha/año} * 1.38\text{E}+07 \text{ J/kg}$  (Pimentel, 1980) =  $4.39\text{E}+10 \text{ J/ha/año}$ .

\*: El ítem Semillas se cuantifica por separado por tener distintos valores de transformidad (a partir del año 1999).

**Tabla C.26. Evaluación emergética de trigo/soja en MJ, trienio 2008-2010**

Nota	Ítem	Fracción Renovable	Unidad	Dato (unidad/ha/año)	Emergía (seJ/unidad)	Emergía Renovable	Emergía No Renovable.	Emergía total (seJ/ha/año)	%
Recursos renovables (R)									
1	Sol		J	4.55E+13	1.00E+00	4.55E+13	0.00E+00	4.55E+13	
2	Lluvia		J	3.91E+10	3.10E+04	1.21E+15	0.00E+00	1.21E+15	35.5
3	Viento		J	7.97E+08	2.45E+03	1.95E+12	0.00E+00	1.95E+12	
4	Calor int. de la Tierra		J	1.00E+10	1.20E+04	1.20E+14	0.00E+00	1.20E+14	
Recursos no renovables (N)									
5	Pérdida Neta de Suelo		J	1.25E+09	7.24E+04	0.00E+00	9.08E+13	9.08E+13	2.7
Materiales (M)									
6	Comb. y Lubr.		J	3.51E+09	1.11E+05	3.89E+12	3.85E+14	3.89E+14	11.4
7	Maquinaria		kg	1.86E+00	1.13E+13	1.05E+12	1.99E+13	2.10E+13	0.6
8	Semillas Soja		kg	8.00E+01	1.00E+13	8.00E+12	7.92E+14	8.00E+14	23.43
9	Semillas Trigo		kg	1.23E+02	1.00E+12	1.23E+12	1.22E+14	1.23E+14	3.61
10	Nitrógeno		kg	9.20E+01	3.90E+12	3.59E+12	3.55E+14	3.59E+14	10.5
11	Fósforo		kg	2.78E+01	4.60E+12	1.28E+12	1.27E+14	1.28E+14	3.7
12	Azufre		kg	1.36E+01	2.20E+07	2.99E+06	2.96E+08	2.99E+08	0.0
13	Calcio		kg	1.68E+01	1.39E+12	2.34E+11	2.31E+13	2.34E+13	0.7
14	Pesticidas		J	2.24E+09	6.60E+04	1.48E+12	1.46E+14	1.48E+14	4.3
Labores y servicios(S)									
15	Labores		US\$	8.51E+01	1.08E+12	5.51E+13	3.67E+13	9.19E+13	2.7
16	Servicios		US\$	2.52E+01	1.08E+12	1.63E+13	1.09E+13	2.72E+13	0.8
Productos									
17	Soja		J	4.09E+10					
17	Trigo		J	4.10E+10					
	Total (E)		J	8.19E+10					
Emergía total (Y)							3.41E+15	100	

**1 Radiación solar:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**2 Lluvia:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. Precipitación anual (promedio trienio)= 0.792 m/año.

**3 Viento:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**4 Calor interno de la tierra:** Basado en los mismos datos y cálculo de Notas al pie de Tabla C.1.

**5 Pérdida Neta de Suelo:** Basado en el mismo cálculo de Notas al pie Tabla C.1. Tasa de erosión = 0.18 kg/m<sup>2</sup>.año (promedio trienio) (Estimado a partir de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, USLE); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; % Materia orgánica del suelo = 3.01 (promedio trienio medido). Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**6 Combustibles y Lubricantes:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.4. Nro. de Labores realizadas/ha (promedio trienio): 2 siembras; 3.67 pulverizaciones terrestres; 1.33 fertilizaciones; 2 cosechas.

**7 Maquinaria:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1. y en los mismos datos del punto 7 de esta tabla. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**8 Semillas Soja\*:** Semillas de soja (transgénicas, con resistencia incorporada a herbicidas) consumidas (promedio trienio) = 80 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b...

**9 Semillas Trigo\*:** Semillas de trigo (controladas por compañías) consumidas (promedio trienio) = 123 kg/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**10 Nitrógeno:** Nitrógeno consumido= 200 Kg Urea (promedio trienio) \* 0.46 (%N). Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**11 Fósforo:** Fósforo consumido= 137 Kg Superfosfato triple (promedio trienio) \* 0.46 (%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) \* 0.44 (%P- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**12 Azufre:** Azufre consumido= 80 Kg Sulfato de Calcio (promedio trienio)\* 0.17 (%S). Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002b.

**13 Calcio:** Calcio consumido= 80 Kg Sulfato de Calcio/ha/año (promedio trienio) \* 0.21 (%Ca). Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**14 Pesticidas:** Pesticidas Consumidos = Producto (kg/ha/año) (promedio trienio) \* Energía del Producto (Mcal/kg). 4.67 kg/ha/año Glifosato \* 108 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 504.36 Mcal/ha; 0.13 kg/ha/año 2.4D \* 20.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 2.63 Mcal/ha; 0.03kg/ha/año Dicamba \* 70.2 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 2.106 Mcal/ha; 0.05 kg/ha/año Cipermetrina \* 138.1 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 6.905 Mcal/ha. Consumo Anual de Pesticidas= 516 Mcal/ha/año \* 1000000 cal/Mcal/0.24 cal/J = 2.24E+09 J/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**15 Labores:** Basado en los mismos cálculos de Notas al pie de Tabla C.1 y datos del punto 7 de esta tabla. Sembradora (Sistema de Siembra Directa) = 15.2 US\$; Pulverizadora terrestre = 6.59 US\$; Fertilizadora = 3.08 US\$; Cosechadora = 16 US\$ (Márgenes Agropecuarios, 2009).

**16 Servicios:** Costo Servicio de administración y dirección técnica = 1US\$/ha/mes + 2% del Valor Bruto de la Producción ((Rendimiento Promedio trienio soja /ha \* Precio Pizarra de soja, Mes de Abril, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010) + (Rendimiento Promedio trienio trigo /ha \* Precio Pizarra de trigo, Mes de Enero, Bolsa de Cereales, Precios históricos, 2010)). Costo total = 1+ 0.02 \* ((0.252 US\$/kg \* 2671 kg/ha) + (0.154 US\$/kg \* 2977 kg/ha))= 25.2 US\$/ha/año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**17 Soja:** kg/ha soja (promedio trienio) \* contenido energético soja = 2671 kg/ha/año \* 1.53E+07 J/kg (Brandt-Williams, 2002) = 4.09E+10 J/ha/año.

**17 Trigo:** kg/ha trigo (promedio trienio) \* contenido energético trigo = 2977 kg/ha/año \* 1.38E+07/kg (Pimentel, 1980) = 4.1E+10J/ha/año.

\*: El ítem Semillas se cuantifica por separado por tener distintos valores de transformidad (a partir del año 1999).

### Anexo D: Flujos agregados e indicadores emergéticos en MJ, período 1984-2010

**Tabla D.1. Cultivo de maíz en MJ, por trienio**

Flujo-Indicador	Unidad	1984-1986	1987-1989	1990-1992	1993-1995	1996-1998	1999-2001	2002-2004	2005-2007	2008-2010
R	seJ/ha/año	1.3E+15	1.3E+15	1.7E+15	1.5E+15	1.2E+15	1.3E+15	1.4E+14	1.3E+15	1.2E+15
N	seJ/ha/año	2.1E+14	2.1E+14	2.1E+14	1.1E+14	5.6E+13	5.5E+13	5.6E+13	6.5E+13	6.6E+13
F	seJ/ha/año	8.5E+14	9.1E+14	9.4E+14	5.1E+14	3.9E+14	6.6E+14	8.7E+14	1.0E+15	1.3E+15
Rto	J/ha/año	1.0E+11	1.2E+11	1.3E+11	1.5E+11	1.5E+11	1.9E+11	2.0E+11	2.3E+11	2.3E+11
Y	seJ/ha/año	2.7E+15	2.4E+15	2.8E+15	2.2E+15	1.6E+15	2.0E+15	2.3E+15	2.5E+15	2.6E+15
Tr	seJ/J	27034	20582	22341	14324	10821	10497	11532	10471	11054
EYR		3.19	2.74	3.09	4.46	4.27	3.13	2.79	2.43	2.16
EIR		0.55	0.58	0.48	0.30	0.31	0.50	0.56	0.70	0.86
ELR		0.81	0.83	0.66	0.38	0.37	0.53	0.62	0.78	0.96
%R		47.1	54.3	60.2	72.3	73.1	65.3	61.7	56.3	51.1
EER		8.82	6.54	4.65	2.47	1.83	2.3	2.63	2.03	1.49
ESI		4.08	3.19	4.67	11.7	11.6	5.89	4.49	3.13	2.25

**Tabla D.2. Cultivo de trigo/soja en MJ, por trienio.**

Flujo-Indicador	Unidad	1984-1986	1987-1989	1990-1992	1993-1995	1996-1998	1999-2001	2002-2004	2005-2007	2008-2010
R	seJ/ha/año	1.3E+15	1.3E+15	1.7E+15	1.5E+15	1.2E+15	1.3E+15	1.4E+15	1.3E+15	1.2E+15
N	seJ/ha/año	3.1E+14	1.6E+14	8.0E+13	8.5E+13	8.0E+13	7.6E+13	7.7E+13	8.9E+13	9.1E+13
F	seJ/ha/año	1.2E+15	1.1E+15	9.4E+14	6.7E+14	6.1E+14	1.3E+15	1.7E+15	2.0E+15	2.1E+15
Rto	J/ha/año	5.2E+10	6.3E+11	5.6E+11	6.0E+11	5.9E+11	6.4E+11	6.6E+11	9.8E+11	8.2E+11
Y	seJ/ha/año	2.1E+15	2.5E+15	2.6E+15	2.3E+15	1.8E+15	2.7E+15	3.1E+15	3.4E+15	3.4E+15
Tr	seJ/J	43969	40144	47638	37922	31236	41936	47172	34843	41661
EYR		2.04	2.40	3.02	3.56	3.13	2.06	1.94	1.76	1.69
EIR		0.70	0.92	0.50	0.39	0.47	0.94	1.06	1.32	1.44
ELR		1.12	0.83	0.57	0.47	0.57	1.06	1.17	1.46	1.61
%R		56.0	52.1	63.9	68.2	63.7	48.6	46.0	40.7	38.2
EER		7.52	5.10	5.04	3.17	2.10	4.29	3.79	3.34	2.72
ESI		1.82	2.61	5.35	7.62	5.50	1.95	1.65	1.21	1.05

**Tabla D.3. Cultivo de soja de primera en MJ, por trienio.**

Flujo-Indicador	Unidad	1984-1986	1987-1989	1990-1992	1993-1995	1996-1998	1999-2001	2002-2004	2005-2007
R	seJ/ha/año	1.3E+15	1.3E+15	1.7E+15	1.5E+15	1.2E+15	1.3E+15	1.4E+14	1.3E+15
N	seJ/ha/año	2.1E+14	2.1E+14	2.1E+14	1.1E+14	5.6E+13	5.5E+13	5.6E+13	6.5E+13
F	seJ/ha/año	1.1E+15	9.0E+14	8.1E+14	5.8E+14	5.1E+14	1.0E+15	9.9E+14	1.1E+15
Rto	J/ha/año	3.8E+10	3.3E+10	4.2E+10	5.5E+10	3.9E+10	4.7E+10	4.9E+10	5.8E+10
Y	seJ/ha/año	2.1E+15	2.4E+15	2.7E+15	2.2E+15	1.7E+15	2.4E+15	2.4E+15	2.5E+15
Tr	seJ/J	66872	73325	64215	40834	44329	50240	49916	43357
EYR		2.49	2.76	3.42	4.00	3.50	2.35	2.56	2.31
EIR		0.67	0.57	0.41	0.33	0.40	0.74	0.64	0.76
ELR		0.94	0.82	0.59	0.43	0.46	0.82	0.71	0.85
%R		51.6	551	62.9	69.9	68.2	55.0	58.6	54.2
EER		9.03	10.6	5.84	2.96	2.24	4.58	2.95	3.53
ESI		2.65	3.38	580	9.30	7.50	2.87	3.62	2.73