



**Trabajo de intensificación para obtener el título de**

**Licenciada en Ciencias Ambientales**

**“SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS  
TRADICIONALES Y MODERNOS DEL CHACO SEMIÁRIDO: UN  
ABORDAJE DESDE LA SÍNTESIS EMERGÉTICA”**

*Cátedra de Cerealicultura, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires; Instituto de  
Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas Vinculadas a la Agricultura (UBA/CONICET).*

**Intensificando:** Arpigiani Daniela

Libreta Universitaria N°:0732614463

**Director:** Dr. Ferraro Diego Omar

**Codirector:** Dr. Piñeiro Gervasio

Mayo 2014

## AGRADECIMIENTOS:

“Cuanto más cosas se saben  
más quedan por aprender  
la ayuda que da el saber  
termina en lo que se ignora”

J. Larralde

- A mi familia por el apoyo incondicional, especialmente a mi mamá Andrea por el amor y la vida misma.
- A Mati mi compañero de vida, por el corazón y la fuerza
- A mis amigos y compañeros del alma que me acompañaron en el proceso, particularmente a Julita por su presencia siempre tan fresca y motivante, y a Seba por el empujón final (el más difícil).
- A Gerva por la paciencia infinita
- A Diego por la confianza y dedicación
- A todo el equipazo LART-LABFO, por la formación, aprendizaje y las risas.
- A Lola y Oggi por ser dos grandes personas y ejemplos a seguir.
- A Mo.Ca.SE-VC por abrirme las puertas de sus ranchos, por enseñarme con cada mate dulce la belleza de la simplicidad y la humildad
- A Guina y Marce por ser mis guías y referentes
- A las Brigadas de escolarización por el espacio de formación, reflexión y sostén
- Al grupo ganadero CREA ANTA por brindar información
- A todos mis compañeros y profesores que me hicieron pensar, cuestionar, investigar, aceptar y aprender de la diversidad de visiones, opiniones y formas de encarar la vida profesional.



# ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| RESUMEN .....   | 4  |
| INTRODUCCIÓN .....  | 5  |
| Relación sistemas productivos-ambiente .....                          | 10 |
| El estudio de los cambios en el uso del suelo .....                   | 11 |
| Objetivos .....   | 13 |
| Hipótesis .....   | 14 |
| Predicciones .....  | 15 |
| MATERIALES Y MÉTODOS .....  | 16 |
| Zona de estudio. Descripción general .....                            | 16 |
| Sistemas productivos. Descripción general .....                       | 18 |
| <i>Sistemas de pequeños productores - campesinos (PP)</i> .....       | 18 |
| <i>Sistemas de agricultura bajo riego (AG)</i> .....                  | 19 |
| <i>Sistemas de ganadería en pasturas cultivadas (GAN)</i> .....       | 20 |
| Bases de la Síntesis Emergética .....                                 | 21 |
| Puntos específicos de la metodología .....                            | 23 |
| Relevamiento de datos .....   | 27 |
| RESULTADOS .....  | 29 |
| Diagramas de Flujos .....   | 29 |
| Tablas de Evaluación Emergética .....                                 | 31 |
| Flujos e Indicadores Emergéticos por tipo de sistema productivo ..... | 33 |
| Indicadores Emergéticos por cultivos intensivos bajo riego .....      | 46 |
| DISCUSIÓN .....   | 52 |
| CONCLUSIÓN .....  | 58 |
| BIBLIOGRAFÍA .....  | 60 |
| ANEXO .....   | 66 |

## RESUMEN

El avance de la frontera agropecuaria hacia el NOA y los cambios en el uso del suelo se han producido principalmente sobre vegetación natural y en muchos casos disputando territorios donde se desarrollan comunidades campesinas-indígenas. La expansión de sistemas modernos intensivos sobre tierras “marginales” y los cambios en las formas de relación con los recursos naturales, despierta inquietudes sobre la capacidad para mantener su funcionamiento y sustentabilidad, y la necesidad de entender cómo es esa relación por parte de los sistemas productivos locales, para dimensionar la magnitud del cambio. En esta tesis se evaluaron estos cambios mediante un análisis emergético, en el cual diversos flujos de ingreso al sistema (e.g. recursos naturales, insumos comprados, capital, mano de obra) son transformados en una forma común (solar emJoules, seJ), permitiendo comparaciones entre sistemas contrastantes (Odum, 1996). La emergía registra toda la energía que fue ingresando en el proceso de creación de un producto, no solo la energía actual presente en los insumos, sino toda la energía necesaria para crearlos o “memoria energética” (Scienceman, 1987). De los tres sistemas estudiados, el tradicional de pequeños productores (PP) resultó ser el sistema con 1) mayor reciclaje interno o menor dependencia de recursos externos, 2) mayor rendimiento emergético por unidad de emergía externa incorporada, 3) menor presión ambiental y 4) mayor sustentabilidad emergética. Mientras que en el extremo opuesto, se encontró la agricultura bajo riego (AG) con los valores más bajos de todos los aspectos mencionados. Sorprendentemente ambos sistemas presentaron similar productividad y eficiencia energética por ha, mientras que la ganadería sobre pasturas (GAN), presentó menores productividad, eficiencia e intercambio con la economía, y valores intermedios para el resto de los indicadores. Esto ubicaría a PP como los sistemas más adecuados para la zona, debido a su relación más apropiada con los recursos naturales, y a no presentar diferencias en productividad con los sistemas modernos, sugiriendo mayor estabilidad y menor presión ambiental en el largo plazo.

## INTRODUCCIÓN

La expansión de la frontera agropecuaria de los últimos 50 años, desde la Región Pampeana hacia el Noroeste Argentino (NOA), se ha dado principalmente a expensas de la vegetación original: los bosques y pastizales naturales. Este proceso de expansión resultó en cambios significativos, entre ellos, en la cobertura y uso de la tierra, la dinámica de los nutrientes y el agua, y los flujos de energía (Viglizzo *et al.*, 2001). Es decir, que se ha alterado tanto la estructura como la funcionalidad ecosistémica, generando, en muchos casos, un compromiso entre productividad y sustentabilidad. Algunos síntomas ambientales de los cambios mencionados anteriormente han sido la erosión y disminución del *stock* de nutrientes en el suelo, la contaminación con agroquímicos, la emisión de gases de efecto invernadero, y la destrucción y fragmentación de hábitats y pérdida de biomasa (Viglizzo *et al.*, 2001; Viglizzo *et al.*, 2011a).

Dentro de los principales factores de deterioro ambiental, asociados a la intensificación de la actividad agropecuaria en el NOA, se encuentran el desmonte y la degradación del monte nativo (Montenegro *et al.*, 2004). En el Chaco Argentino, las tasas de deforestación en la última década superaron ampliamente a las tasas promedios de América Latina y del mundo (Seghezzo *et al.*, 2011). La Figura 1 muestra el avance de los desmontes en el NOA entre los años 1976 y 2011, especialmente en las provincias en las cuales se registran las mayores tasas, como son Santiago del Estero, Salta, Chaco y Tucumán (UMSEF, 2012).

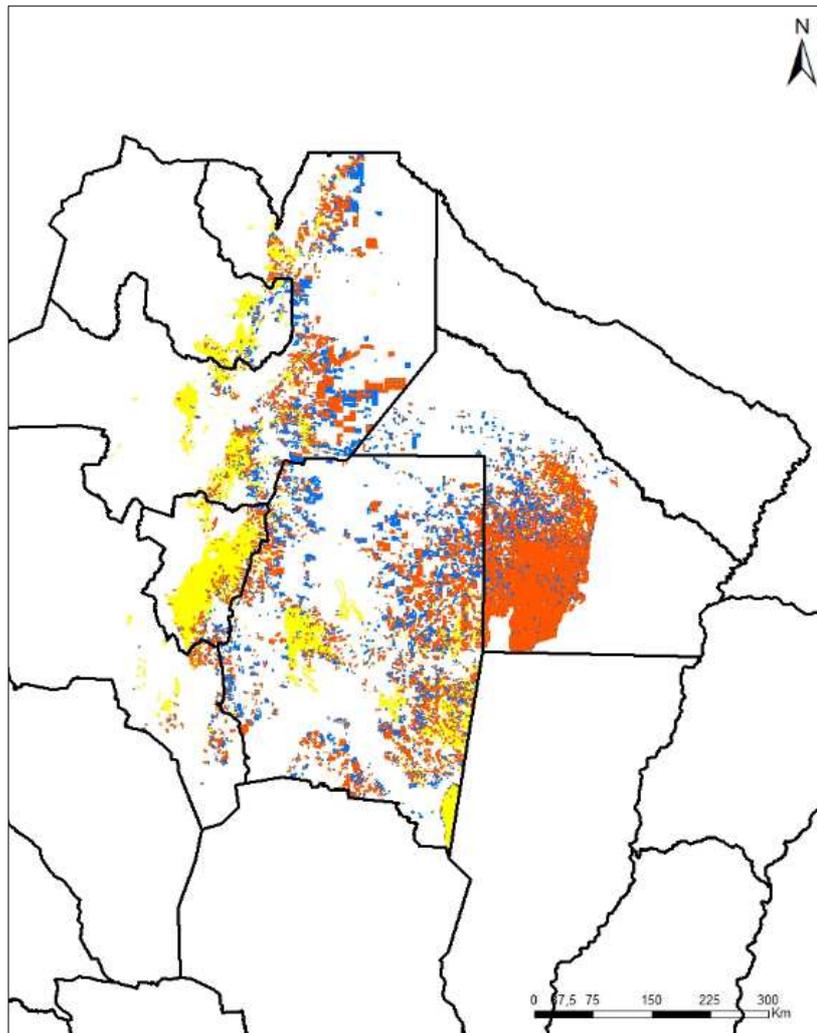


Figura 1. Deforestación en el NOA. En amarillo los desmontes realizados al año 1976, en naranja los realizados entre 1976 y 2007, y en azul los realizados entre 2007 y 2011 (Elaborado a partir de Vallejos et al., 2012).

Estos cambios en el uso del suelo no se producen sobre áreas despobladas, por lo que la destrucción de la vegetación natural, además de traer importantes consecuencias ecológicas, genera conflictos y disputas entre actores sociales que no siempre se dan en igualdad de condiciones (Moricz *et. al.*, 2011). Los territorios sobre los que avanzan los cultivos extensivos (i.e. soja, maíz) son habitados en su gran mayoría por comunidades campesinas e

indígenas, llamados aquí pequeños productores<sup>1</sup> (PP), quienes desarrollan sus producciones integradas a la vegetación natural desde hace décadas o siglos. Estas comunidades pueden ver afectada su integridad por este nuevo uso de la tierra a través del despojo de sus tierras, del éxodo rural, de problemas de salud, y de la reducción del área utilizada para la caza, recolección y pastoreo (Trivi & Palacios, 2011). Es decir, que este proceso de expansión (i.e. nuevo modelo de producción) es acompañado por cambios técnico-productivos que inciden intensamente en las estructuras productivas, sociales, económicas, organizativas y culturales de los territorios sobre los que avanza (Trivi & Palacios, 2011).

El sector de los PP presenta una gama muy diversa de formas de producción, teniendo una gran importancia en el mantenimiento de la vegetación natural por ser parte de su estrategia de vida. En Santiago del Estero se dice que “*donde queda monte es porque hay campesinos resistiendo*”, ya que para muchos de ellos el monte es parte de su vida, participa en el sistema como un lugar de extracción, pero también es fuente de alimento para ellos y para sus animales, fuente de protección, refugio y agua, sitio para la agricultura y la apicultura, suministrador de materias primas para artesanías y medicinas (Guzman *et al.*, 2012). Estas características, entre muchas otras<sup>2</sup>, demuestran la presencia e importancia a nivel nacional,

---

1

En el Documento N° 2 del PROINDER (Tsakoumagkos *et al.*, 2000), se denominan campesinos y pequeños productores al “...conjunto heterogéneo de productores y sus **familias que intervienen** en forma directa en la producción –aportando al trabajo físico y la gestión productiva-, no contratan mano de obra permanente; cuentan con limitaciones de tierra, capital y tecnología” **familias que intervienen** en forma directa en la producción –aportando al trabajo físico y la gestión productiva-, no contratan mano de obra permanente; cuentan con limitaciones de tierra, capital y tecnología”.

2

Los PP 1) representan más del 60% del total de las explotaciones agropecuarias del país, aunque ocupan menos del 15% del área total de dichas explotaciones, 2) producen un alto porcentaje de un gran número de cultivos, como tabaco, algodón, yerba mate, caña de azúcar y varias hortalizas, 3) aportan más del 50% del total del empleo utilizado en el sector agropecuario a nivel nacional y el 29% del trabajo transitorio directo empleado en el sector (INDEC, 2002; Tsakoumagkos *et al.*, 2000).

de un amplio sector históricamente relegado, que debería ser incluido más frecuentemente en estudios, decisiones y planificaciones territoriales.

Las últimas décadas se han caracterizado por una serie de condiciones generadas por la coyuntura nacional e internacional como 1) los grandes avances tecnológicos, 2) las condiciones favorables del mercado internacional y 3) ciertas políticas nacionales específicas, como por ejemplo, el lanzamiento del Plan Estratégico Agroalimentario (PEA) en 2011<sup>3</sup>. Este escenario establece las condiciones para que, por un lado, se profundice la expansión de cultivos extensivos hacia zonas marginales y, por otro, se consolide el modelo del agronegocio, entendido como el aumento de la influencia de actores productivos orientados a la exportación de *commodities*, trabajando a escalas grandes e integrando más de un eslabón de la cadena productiva (i.e. producción, comercialización, industria, exportación). Este contexto ha derivado en la reducción del número de pequeños productores y su influencia como actores en el escenario productivo (INDEC, 2008). Simultáneamente, ha generado el desplazamiento de muchos emprendimientos ganaderos pampeanos por la mayor rentabilidad de la actividad agrícola (Adámoli *et. al.*, 2011), y ha permitido el avance sobre nuevas tierras en zonas hasta ahora consideradas improductivas, observándose una tendencia de desplazamiento hacia regiones semiáridas (Figura 2), y la “pampeanización” de los modos de producción de las áreas extra-pampeanas. Este avance está fuertemente relacionado con las altas tasas de pérdida de bosques nativos, observándose que las zonas desmontadas son dedicadas principalmente a cultivos anuales (con la soja como actor principal) y forrajeros perennes (Paruelo *et al.*, 2011a; Grau *et al.*, 2005; Gasparri, 2010).

La expansión de las actividades agropecuarias en zonas semiáridas, se produce sobre tierras frágiles, altamente susceptibles a degradación, erosión y desertificación si no son cuidadosamente manejadas. En el noroeste argentino, los regímenes hídricos son deficitarios, los suelos presentan menor contenido de materia orgánica y menor estabilidad estructural con respecto a la región pampeana, lo que hace a este área más propensa a sufrir procesos de degradación física, química y biológica (Sanzano et al., 2005). Pese a ser un ecosistema

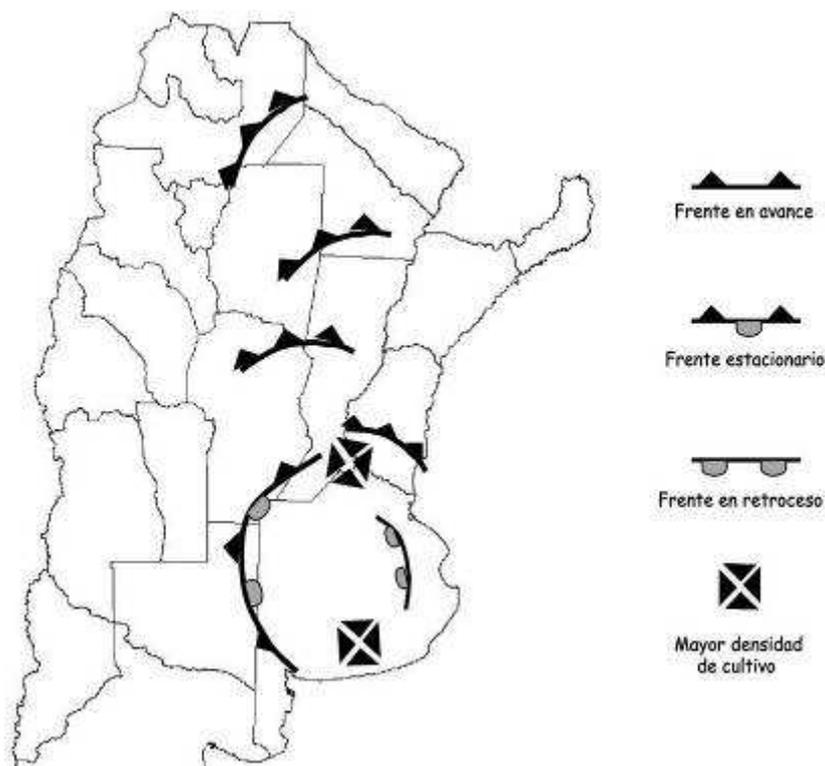


Figura 2. Dinámica de la frontera agrícola entre 1956 y 2005 (Fuente: Viglizzo & Jobbágy, 2010).

débil, los modelos de producción modernos no están específicamente pensados para la zona, siendo réplicas de aquellos aplicados en la región pampeana, provocando en algunos casos una elevada presión ambiental y la necesidad de encontrar la forma de aprovecharlo de una

<sup>3</sup>

El PEA plantea el objetivo de aumentar en un 58% la producción de granos y un 235% la producción de algodón, en base a un incremento del 27% y 126% respectivamente la superficie cultivada. En total, prevé un aumento para el año 2020, para todos los complejos productivos del país de un 215% en la superficie cultivada (10 millones de ha aprox.), sin tener en cuenta el aumento en la producción de carne (PEA, 2011).

manera racional y más eficiente. Frente a la necesidad de producir alimentos, es interesante conocer las capacidades productivas de los distintos sistemas en relación a la incorporación de insumos y la influencia sobre el ambiente.

### **Relación sistemas productivos-ambiente**

Los productos obtenidos de los sistemas agropecuarios son el resultado de la interacción de los bienes y servicios provenientes tanto de la naturaleza como de la sociedad y su tecnología. Si los insumos ambientales no son adecuadamente tenidos en cuenta en relación con los insumos económicos, no se puede lograr un uso óptimo de los recursos. Sin embargo, permanentemente la importancia del aporte directo o indirecto de la naturaleza a la economía es omitida y excluida de los clásicos balances económicos.

Los ecosistemas naturales son modificados y manejados en diferentes grados con el fin de obtener determinados beneficios. Teniendo en cuenta que los flujos de entrada influyen en los tipos de salidas de un sistema (productos, servicios ecosistémicos, trabajo), estudiar y conocer los flujos de energía que ingresan, nos da la posibilidad de pensar formas de manejo que permitan alcanzar un estado ecosistémico más sustentable. La naturaleza **cualitativa y cuantitativa** de las entradas alimenta y determina la organización del sistema (estructura), el cual se desarrolla y produce diversas salidas. El enfoque de análisis ecosistémico más común, que describe al sistema desde la perspectiva de la utilidad de las salidas (i.e. servicios ecosistémicos)<sup>4</sup> es denominado *user-side* (Pulselli *et al*, 2011). En contraposición, la evaluación ecológica de un sistema podría estar basada en el estado mismo del sistema e

---

4

Definidos por Daily (1997) como las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas y las especies que lo componen sostienen la vida humana.

intentar superar así la posible subjetividad en la evaluación de la utilidad de los servicios provistos por el sistema. Esta aproximación es conocida como *donor-side* y entendida como la perspectiva de cuantificación del trabajo ambiental requerido para soportar la dinámica de un sistema.

La transformación de los ecosistemas y el uso intensivo de los recursos generan una creciente inquietud acerca de posibles impactos sobre el funcionamiento ecosistémico tanto de las áreas naturales como de los agroecosistemas que en ellas se desarrollan, impactos que podrían alterar la calidad de vida de las comunidades de la zona, y en algún punto, de la sociedad en su conjunto. Teniendo en cuenta la necesidad de complementar reflexiones éticas y sociales, el presente trabajo genera información que busca sumar a un análisis más completo del manejo y las consecuencias de los sistemas agropecuarios, abordando la problemática con métodos que generen datos biofísicos objetivos, mediante estimaciones que reflejen el valor funcional de los ecosistemas “*más allá de una percepción ocasional de utilidad económica*” (Viglizzo *et al*, 2011b). De esta manera, la utilización de la síntesis emergética es una buena aproximación para predecir la estabilidad a largo plazo de los ecosistemas o la degradación de los bienes naturales (Ferraro, 2011).

### **El estudio de los cambios en el uso del suelo**

A nivel mundial, se observa en los últimos años un amplio desarrollo de investigaciones relacionadas con el cambio en el uso del suelo y su impacto ambiental. Específicamente, estas aproximaciones se centran en el desempeño de los ecosistemas, desde el punto de vista de su oferta de bienes o servicios (i.e. *user-side*). Vinculado a esto se pueden encontrar

investigaciones que relacionan el reemplazo de la vegetación natural con el secuestro de carbono, la erosión y pérdida de nutrientes a nivel país en EEUU (Lubowski *et al.*, 2006); la conversión de bosques tropicales y su efecto sobre el cambio climático regional en el Amazonas (Nobre *et al.*, 1991; Pielke, 2005); los cambios en las prácticas agrícolas y los balances de carbono, agua y energía local en el Amazonas (Sakai *et al.*, 2004); los cambios en el uso del suelo con los potenciales cambios atmosféricos, como el albedo, flujos de energía, la temperatura y precipitaciones en Sudamérica (Beltran-Przekurat *et al.*, 2011); los efectos de estos cambios en la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en los bosques de México (Martínez *et al.*, 2009); entre muchos otros. A nivel local, también se han intentado estimar los costos ambientales de la expansión agrícola sobre el funcionamiento de los ecosistemas. Se pueden encontrar numerosos artículos que vinculan por ejemplo, la deforestación con el nivel de provisión de SE estimados a partir de la PPN en bosques chaqueños (Paruelo *et al.*, 2011b), la huella ecológica y ambiental de la expansión agrícola en Argentina (Viglizzo *et al.*, 2011a), entre otros.

Sin embargo, el desarrollo de trabajos desde el punto de vista de las entradas a los ecosistemas (i.e. *donor-side*, o donde se valoriza el trabajo ambiental necesario para sostener el funcionamiento del sistema) ha sido sensiblemente menor. La evaluación emergética, está dentro de este grupo de aproximaciones, y ha sido empleada para analizar la sustentabilidad de distintos tipos de ecosistemas agrícolas en el mundo. Se ha utilizado, por ejemplo, para comparar sistemas agrícolas convencionales con sistemas de subsistencia indígenas en México y Estados Unidos (Martin *et al.*, 2006); evaluar la sustentabilidad y la evolución de la agricultura de todo China (Chen *et al.*, 2006); estimar el impacto ambiental de distintos

sistemas productivos, como agricultura convencional, agricultura ecológica, sistemas ganaderos y sistemas silvopastoriles (Callado & Albino, 2012) y sistemas integrados de producción de cerdos, granos y peces en pequeñas granjas de Brasil (Cavalett *et. al*, 2006).

En Argentina, este enfoque emergético ha sido poco usado, concentrándose en sistemas agropecuarios de la Región Pampeana. Entre los pocos trabajos existentes, se puede encontrar un estudio de los impactos ambientales de los sistemas de pastoreo pampeanos (Rótolo *et al.*, 2007), una evaluación del desempeño de los sistemas agrícolas extensivos típicos de la región pampeana en comparación con sistemas similares del resto del mundo con un análisis detallado del funcionamiento de sistemas agrícolas a nivel de cultivo y rotación (Benzi, 2013), y una revisión histórica de la economía argentina luego de un siglo de producción agrícola (Ferreyra, 2006).

## **Objetivos**

El **objetivo general** de este trabajo es la generación de información acerca del desempeño ambiental, y la influencia de los cambios en el manejo agronómico sobre la sustentabilidad de los sistemas productivos del Chaco Semiárido, a partir del estudio de los flujos de energía de los sistemas más representativos de la zona: 1) Sistemas de pequeños productores o campesinos (PP); 2) Sistemas de agricultura bajo riego (AG); y 3) Sistemas de ganadería en pasturas cultivadas (GAN).

Para lograr el objetivo general se proponen los siguientes **objetivos específicos**:

1) Inventariar y esquematizar la estructura de flujos de capital, de materia y de energía de

sistemas productivos en un gradiente de modificación ecosistémica y demanda energética, desde sistemas campesinos locales de pequeña escala, hasta sistemas de agricultura bajo riego de gran escala, en la región del Chaco Semiárido.

2) Cuantificar e inferir, mediante el cálculo de una serie de indicadores, el origen y la eficiencia en el uso de los recursos, la presión ambiental y la sustentabilidad de los distintos agroecosistemas, utilizando una metodología integral con base energética denominada Síntesis Emergética.

3) Interpretar los indicadores obtenidos para realizar inferencias sobre el riesgo de insustentabilidad que pueden implicar los sistemas productivos del gradiente estudiado.

4) Comparar los indicadores de cada cultivo pertenecientes a la actividad más intensiva (AG) e inferir los cultivos más adecuados para la zona, en base a el criterio de uso eficiente de recursos.

### **Hipótesis**

1) El funcionamiento comparado entre los sistemas productivos tradicionales de la zona (PP) y los sistemas modernos (AG y GAN) evidencia un compromiso entre una alta productividad a mayor eficiencia en los sistemas modernos y una menor dependencia de insumos externos (con menor presión ambiental) de los sistemas productivos de menor escala o grado de modernización.

2) La aptitud agroecológica de la zona de estudio se evidencia en una mejora de los

parámetros de eficiencia energética y presión ambiental en los cultivos estivales respecto a los cultivos invernales.

### **Predicciones**

1) La relación de utilización de insumos no renovables con respecto a los renovables (ELR), será superior en los sistemas modernos, en un gradiente de intensificación decreciente desde la agricultura bajo riego hacia la producción ganadera campesina.

2) El consumo energético total (Y) y la inversión energética (EIR) decrecerán y la renovabilidad de la energía (%R) aumentará, en un gradiente de intensificación decreciente desde la agricultura bajo riego hacia la producción ganadera campesina.

3) Los PP utilizarán menos recursos no renovables provenientes de la economía (F) y el sistema responderá en mayor medida a cada unidad de insumo incorporado (EYR), por lo que estos sistemas tendrán un mejor indicador de sustentabilidad energética (ESI).

4) Los sistemas modernos serán más productivos energéticamente (En) y presentarán mayor eficiencia en la canalización de la energía incorporada al sistema (Tr), sustentados principalmente en recursos externos y no renovables (F).

5) El rendimiento energético (En) de los cultivos invernales será menor que el de los estivales y generarán mayor presión ambiental (ELR) al necesitar mayor utilización de insumos no renovables para su viabilidad (F+N).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### **Zona de estudio. Descripción general.**

Los sitios de estudio pertenecen al Chaco Semiárido (ecorregión del Chaco Seco), una de las regiones fitogeográficas que presentan las mayores tasas de modificación de los sistemas de producción local, debido principalmente a los desmontes y al avance de los sistemas de producción modernos (Paruelo *et al.*, 2011a). Específicamente, el área de estudio está centrada en el norte de Santiago del Estero y Sureste de Salta (Figura 4).

Esta ecorregión es, en su mayor parte, una vasta llanura loésica sedimentaria que presenta una suave pendiente hacia el Este (Torrella y Adámoli, 2006). El clima es continental cálido subtropical, con áreas que presentan las máximas temperaturas absolutas de Sudamérica (superando los 48°C). La temperatura media anual varía de norte a sur desde 23° C hasta cerca de los 18°C. La gran amplitud térmica diaria asociada a una gran variación estacional, son rasgos esenciales de este clima. En invierno la entrada de frentes fríos origina heladas en toda la región. Las precipitaciones medias anuales varían entre los 700 y los 400 mm (Morello *et al.*, 2012), éstas van disminuyendo hacia el oeste, y llegan a valores mínimos al oeste de Santiago del Estero y sudeste de Salta (Paruelo *et al.*, 2004). Las sequías son frecuentes y las precipitaciones, de carácter errático y marcadamente monzónicas, se concentran entre Octubre y Marzo. A grandes rasgos, el 38% de la ecorregión está dominado por suelos del orden de los Molisoles y le siguen en porcentaje de ocupación los Entisoles 28% y en menor medida los Alfisoles 16.5% (Morello *et al.*, 2012).

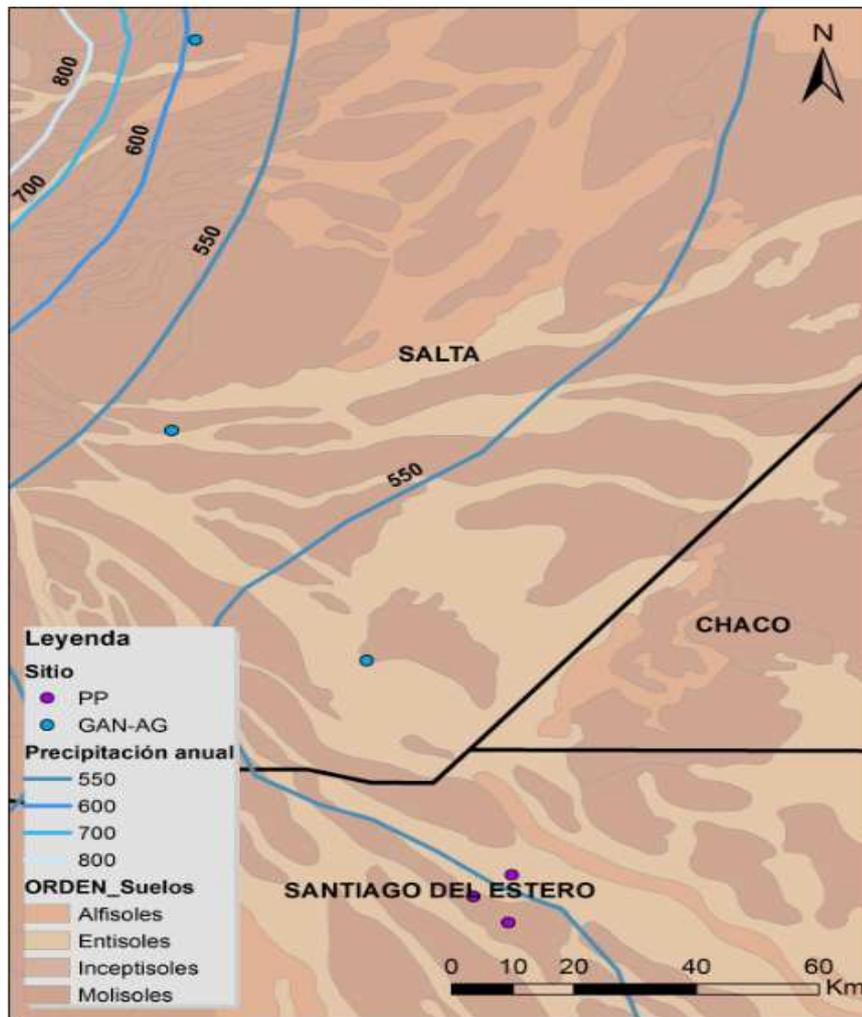


Figura 4. Zona de estudio: los puntos violetas corresponden a los sitios de estudio de sistemas tradicionales (PP), los puntos azules a los sistemas modernos (GAN y AG).

El Chaco Semiárido es la más extensa de las subregiones del Chaco Seco, ocupa el oeste de Chaco y Formosa, casi la totalidad de Santiago del Estero, el este de Salta y Tucumán, y parte del norte de Córdoba. El bosque, xerófilo y semicaducifolio contiene además una gran diversidad faunística, aunque muchos de sus componentes han sufrido una fuerte merma en sus poblaciones provocada por la reducción y fragmentación de hábitat, y por la caza, principalmente de algunos mamíferos mayores (Torrella y Adámoli, 2006).

En esta subregión se ha registrado una expansión agrícola en aproximadamente 2.5 millones de hectáreas desde 1977 al 2010, lo que implicó un incremento porcentual del área bajo cultivos (tanto de granos como forrajeros) del 922% (Adámoli *et. al.*, 2011).

### **Sistemas productivos. Descripción general.**

#### ***Sistemas de pequeños productores - campesinos (PP)***

Santiago del Estero es una de las provincias con mayor población campesina del país, el 83% de las explotaciones agropecuarias de la provincia corresponde a pequeños productores. En el campo vive aproximadamente el 40% de la población total de la provincia, constituido por alrededor de 28.000 familias (Obstchatko *et. al.*, 2006), de las cuales aproximadamente el 30% se encuentra organizada en el Movimiento Campesino de Santiago del Estero (Mo.Ca.SE-VC).

En líneas generales, los productores campesinos del norte de esta provincia desarrollan como actividad principal la ganadería extensiva de bovinos y caprinos, la cual destinan en mayor medida al autoconsumo de carne, leche, quesos y cueros. La venta se realiza generalmente entre vecinos y/o en las carnicerías de los pueblos más cercanos, algunas de ellas pertenecientes a cooperativas de los propios productores organizados en el Mo.Ca.SE-VC. A esta producción se le suma comúnmente, aunque en menor escala, la cría de porcinos y aves para la obtención de carne y huevos. El principal recurso forrajero es el monte nativo, del cual los animales obtienen alimento, agua, sombra y refugio. El monte también provee a los lugareños de animales silvestres para alimentarse, frutos, medicinas naturales, y de otros productos que se destinan a la venta como miel, leña, postes y carbón. En general, la

producción de postes es manejada en base a necesidades especiales que van surgiendo y acuerdos que se establecen entre los miembros de las comunidades. Por el contrario todas las familias utilizan leña como combustible habitual.

A menudo complementan sus producciones con cultivos estivales (en los años que las precipitaciones son suficientes) y huertas familiares. Los cultivos suelen ser tanto para suplementar la dieta de los animales (maíz o alfalfa), como para el consumo interno, la venta de excedentes (sandía, melón, calabaza y otros cultivos hortícolas) y productos elaborados como dulces. En muchos casos la utilización de los recursos es conjunta y comunitaria, encontrándose ejemplos tanto del aprovechamiento del monte (no acostumbran a utilizar alambrados) y las represas, como del empleo de maquinarias comunitarias, compras de semillas y otros insumos para la producción y la sanidad animal.

### ***Sistemas de agricultura bajo riego (AG)***

Las provincias de Santiago del Estero, Salta y Chaco cuadruplicaron la producción de sus principales cultivos (soja, trigo, maíz y girasol) desde 1992-93 hasta 2011 (Adámoli *et. al.*, 2011). Debido a las escasas precipitaciones y elevadas temperaturas, la agricultura en el semiárido debe realizarse bajo riego. Las grandes empresas que manejan este tipo de sistemas (muchas de ellas extranjeras), trabajan con riego gravitacional y/o por aspersión, utilizando principalmente equipos de avance frontal y pivotes. En la zona de Joaquín V. González el agua de riego proviene del río Juramento (Volante *et. al.*, 2004).

Estos nuevos sistemas agrícolas del noroeste argentino no difieren sustancialmente de los sistemas de producción agrícola industrial pampeanos, incluso del mundo. Son sistemas

caracterizados por un alto grado de tecnificación, por su simplificación estructural, uniformidad espacial, fuerte dependencia de insumos externos para su mantenimiento (fertilizantes, fitosanitarios, riego, maquinaria, semillas) y por su destino de exportación. Son sistemas de gran escala, con escasa mano de obra local, enfocados en la producción y comercialización de *commodities*, generalmente de aquellas especies con mayor cotización en el mercado internacional, por lo que son fuertemente controlados por políticas y oportunidades económicas.

#### ***Sistemas de ganadería en pasturas cultivadas (GAN)***

En principio, el avance de la frontera fue impulsado por la agricultura, sin embargo, recientemente las pasturas han ido ocupando un papel cada vez mas importante, sobre todo en zonas con limitaciones climáticas para cultivos de granos, como la mayor parte de la subregión semiárida. Esta destacada importancia del crecimiento de pasturas, coloca a la ganadería como el más probable impulsor de la futura expansión de las áreas cultivadas (Adámoli *et. al.*, 2011). La elevada cotización de los campos pampeanos generó la migración de la ganadería a provincias del NOA. En Salta la superficie ocupada con pasturas fue casi irrelevante hasta 1980/81 y a partir de la campaña 2000/01 comienza un crecimiento sostenido. Con algunas variaciones, este proceso también se dio en zonas semiáridas de Santiago del Estero y Chaco (Adámoli *et. al.*, 2011).

Estos sistemas ganaderos extensivos, son realizados por importantes empresas o grandes productores, en amplias extensiones desmontadas y cultivadas con pasturas megatérmicas perennes de *Gatton panic (Panicum maximum)*. En líneas generales las pasturas se realizan

sobre lotes con desmonte total o parcial (rolado), y su mantenimiento es mediante re-rolado o quema. Generalmente la siembra se realiza una vez, produciéndose luego resiembra natural, no son fertilizadas y, en su mayoría, estos predios carecen de un plan de manejo rotativo que favorezca el buen crecimiento de las pasturas. Las actividades principales son cría y recría, destinando los animales a engorde en feed lots. El 80% de la producción de carne de la zona es faenada y consumida en la región (Observatorio Ganadero, 2013).

### **Bases de la Síntesis Emergética**

El estudio energético propuesto en esta tesis, va más allá del tradicional balance calórico del inventario de recursos utilizados, ya que considera una variable de estado novedosa en el estudio de un agroecosistema: la emergía (de la palabra inglesa *emergy*: *embody energy*), que representa la energía usada directa (energía solar, fertilidad del suelo) e indirectamente (el costo ambiental que se asocia a los insumos comprados desde el subsistema económico) a lo largo de las sucesivas transformaciones energéticas para obtener cada uno de los recursos involucrados en la obtención de un producto. Este acercamiento metodológico (análisis emergético) tiene la capacidad de transformar diversos tipos de flujos de ingreso al sistema (e.g. recursos naturales, insumos comprados, capital, mano de obra) en una forma común (equivalente a la energía solar). Permite así comparaciones (uso de los recursos, productividad, presión ambiental y sustentabilidad global) entre sistemas diferentes, y evaluar el grado de presión de cada uno de ellos sobre la base ambiental que los sostiene. De esta manera es posible realizar una contabilidad ambiental, a partir de la evaluación de los flujos de la naturaleza involucrados en el proceso productivo.

La emergía es la medida que utiliza dicha metodología para registrar toda la energía que fue ingresando en el proceso de transformación, en una unidad común basada en la energía solar (expresada en Joules de energía solar equivalente, seJ) (Odum, 1996). Esto quiere decir que no solo mide la energía actual presente en un producto o servicio sino toda la energía pasada, lo que Scienceman (1987) denominó “memoria energética”. Mediante esta técnica de análisis cuantitativa pueden medirse los recursos no monetarios y monetarios, los servicios y las mercancías en una misma unidad, los emjules (Brown & Ulgiati, 1999).

El análisis Emergético parte del conocimiento de la organización del sistema a estudiar, los flujos de energía y las magnitudes de estos, diferenciando los recursos provenientes de las fuentes renovables y no renovables, la economía y la sociedad (Figura 5).

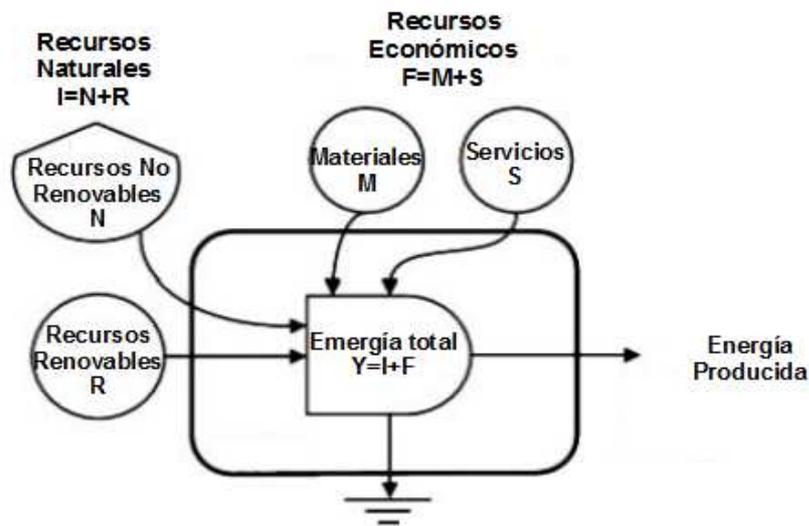


Figura 5: Diagrama general de un sistema emergético. Fuente: Agostinho et al, 2008.

## **Puntos específicos de la metodología**

A continuación se resumen los pasos a seguir para la evaluación emergética de un sistema (adaptado de Odum, 1996 y Brown & Ulgiati 2004):

**1-Establecimiento de los límites espacio-temporales** de los sistemas bajo estudio y **elaboración de un diagrama de flujos** representando los principales componentes y flujos de energía y capital, en esquemas similares al de la figura 5.

**2-Cuantificación de los procesos relevantes.** Esta etapa complementa a 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 será cuantificado en unidades físicas (i.e. joules, kilogramos, U\$s). Esta etapa requiere la disponibilidad de un inventario de insumos y actividades realizadas en el sistema a estudiar.

**3-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 distintos valores de conversión a unidades emergéticas (seJ), conocidos como la transformidad de cada recurso. Los valores de transformidad (i.e. la energía por unidad física) puede expresarse en unidades de seJ/J (energía), seJ/kg (masa), seJ/\$ (moneda) y están disponibles en fuentes públicas de consulta, a partir de haberse calculado para una amplia variedad de formas de energía, recursos, materias primas y servicios. Cada una de estas conversiones se presenta en tablas emergéticas como la que se ilustra en la Tabla 1. Se transforman esos flujos en unidades comunes de energía, con el fin de poder incluir tanto los bienes y servicios con valor de mercado, como también el trabajo humano y de la naturaleza.

Tabla 1. Ejemplo de tabla de evaluación emergética. T indica Transformidad (es decir, los joules equivalentes de energía solar necesarios para generar un Joule de cada ítem considerado).

| Nota                              | Ítem                       | Unidad     | Transformidad | Emergía    |
|-----------------------------------|----------------------------|------------|---------------|------------|
| <b>Recursos Renovables (R)</b>    |                            |            |               |            |
| 1                                 | Radiación                  | J /año. ha | seJ / J       | seJ/año.ha |
| 2                                 | Viento                     | J /año. ha | seJ / J       | seJ/año.ha |
| 3                                 | Lluvia                     | J /año.ha  | seJ / J       | seJ/año.ha |
| <b>Recursos No Renovables (N)</b> |                            |            |               |            |
| 4                                 | Pérdida neta de suelo      | J /año.ha  | seJ / J       | seJ/año.ha |
| <b>Materiales (M)</b>             |                            |            |               |            |
| 5                                 | Combustibles y Lubricantes | l/año.ha   | seJ / l       | seJ/año.ha |
| 6                                 | Nitrógeno                  | kg /año.ha | seJ / kg      | seJ/año.ha |
| 7                                 | Fósforo                    | kg /año.ha | seJ / kg      | seJ/año.ha |
| 8                                 | Semillas                   | kg /año.ha | seJ / kg      | seJ/año.ha |
| 9                                 | Herbicidas                 | kg /año.ha | seJ / kg      | seJ/año.ha |
| 10                                | Insecticidas               | kg /año.ha | seJ / kg      | seJ/año.ha |
| 11                                | Fungicidas                 | kg /año.ha | seJ / kg      | seJ/año.ha |
| 12                                | Maquinaria                 | Tn/año.ha  | seJ / Tn      | seJ/año.ha |
| <b>Labores y Servicios (S)</b>    |                            |            |               |            |
| 13                                | Labor                      | h /año.ha  | seJ / h       | seJ/año.ha |
| <b>Productos</b>                  |                            |            |               |            |
| 14                                | Rendimiento                | kg /año.ha | seJ / kg      | seJ/año.ha |

**4-Cálculo de los indicadores de emergía.** Estos indicadores resumen la intensidad de uso de los recursos que hacen los sistemas evaluados, la eficiencia de los procesos, las interacciones con el ambiente y permiten cuantificar la sustentabilidad. Los indicadores utilizados se detallan en la Tabla 2 (tomada de Benzi, 2013).

Tabla 2. Indicadores energéticos. Los flujos se refieren a los ilustrados en la figura 5.

| Indicador                                     | Cálculo   | Concepto  |
|---|---|---|
| Relación energía: rendimiento (EYR)           | $Y / F$ Cociente entre la energía de los productos y la energía de los insumos que viene desde afuera del sistema   | Es una medida de la contribución potencial de un proceso a la economía principal, a partir de la explotación de recursos locales. Cuanto más alto es el valor, mayor es el retorno obtenido por unidad de energía comprada.   |
| Relación de energía invertida (EIR)           | $F/(N+R)$ Cociente entre la energía de los insumos que provienen del sistema económico externo y la energía de los insumos no valorizados económicamente. | Es una medida de la proporción entre el uso de energía de la economía y energía interna del sistema. Evalúa la manera en la que el sistema es un buen utilizador de la energía 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 energía invertida. |
| Indicador de presión ambiental (ELR)          | $(F+N)/R$ Cociente entre la energía no renovable y la energía 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 de energía (EER)      | $Y/[(\$)x(seJ/\$)]$ Cociente entre la energía que el sistema entrega a la economía externa y la energía 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 estaría caracterizado por un EER igual a 1, indicando que cada parte recibe la misma cantidad de energía.  |
| Indicador de sustentabilidad energética (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).  |
| Renovabilidad (% R)                           | $100 \times R / Y$  | Es el porcentaje de energía renovable usada en el sistema. Sistemas de producción con porcentajes altos de energía renovable, se espera que sean más sustentables en el largo plazo que aquellos que usan altas cantidades de energía no renovable.   |

Algunas consideraciones e interpretaciones de los indicadores:

- Los sistemas de producción con un alto porcentaje de **renovabilidad (R%)**, es probable que prevalezcan en el largo plazo, y que sean más sustentables que aquellos con una alta proporción de emergía no renovable (Brown y Ulgiati, 2004).
- Aquellos sistemas cuyo **retorno energético (EYR)** es 1 o apenas mayor, no proveen una cantidad significativa de emergía al sistema económico, transformando sólo recursos ya disponibles por procesos previos, y comportándose como consumidores antes que como creadores de oportunidades para el crecimiento del sistema (Cavalett *et. al.*, 2006). **EIR** evalúa si un proceso hace un buen uso de la **emergía invertida** comparado con sistemas alternativos.
- **ELR** es un indicador de la **presión ambiental** ejercida por un proceso y puede ser considerado una medida del estrés ecosistémico generado por la producción (Cavalett *et. al.*, 2006). Valores de ELR menores o cercanos a 2 indican un impacto ambiental relativamente bajo, entre 3 y 10 indican un impacto ambiental moderado, mientras que valores por encima de 10 señalan fuertes impactos, dados por la alta concentración de flujos de emergía no renovable (Brown y Ulgiati, 2004).
- El indicador de **sustentabilidad energética (ESI)** señala si el proceso provee una contribución adecuada con una baja presión ambiental, o de otra manera, mide la contribución de un proceso a la economía por unidad de impacto ambiental. De esta manera, el **ESI** toma en cuenta la compatibilidad económica y ecológica. Cuanto

mayor sea el ESI, mas grande será la sustentabilidad del sistema (Chen *et. al.*, 2006).

- El indicador **EER** da una medida de la equitatividad en el **intercambio emergético** entre el sistema productivo y el sistema económico, poniendo en evidencia si alguno tiene ventaja sobre otro, y si el precio del producto determinado por el mercado es acorde al trabajo del sistema en términos emergéticos.

### **Relevamiento de datos**

Los datos necesarios para llevar adelante este proyecto fueron obtenidos principalmente a través de visitas a predios en los cuales se desarrollan los diferentes sistemas de producción bajo estudio, entrevistas a productores y convivencias en las comunidades. Con esto se dispuso de la gran mayoría de los flujos de materia y energía que caracterizan los sistemas, mientras que los valores de transformidad se tomaron cuidadosamente de la bibliografía existente. También se utilizaron Sistemas de Información Geográficos (SIG), imágenes satelitales TRMM T3b43 (<http://trmm.gsfc.nasa.gov/3b43.html>) y bases de datos de diferentes instituciones (FAO, INTA), para la obtención de información ambiental, como velocidad del viento, radiación incidente, tipo de suelo y precipitaciones.

Los contactos con los productores del norte de Santiago del Estero se realizaron a través del Movimiento Campesino de Santiago del Estero (Mo.Ca.SE-VC), y los contactos con las empresas agropecuarias de Salta se generaron a través del grupo CREA ANTA. Se relevaron datos de tres predios de productores campesinos pertenecientes a los parajes Murishka, Ahí Veremos y Pozo Real respectivamente, departamento Copo, Santiago del Estero; y tres predios de empresas ganaderas pertenecientes al departamento Anta, Salta. Por su parte, dada

la dificultad para conseguir información de más empresas agropecuarias, para caracterizar la agricultura bajo riego fueron utilizados los datos de seis cultivos diferentes (maíz de verano, maíz de invierno, soja de primera, soja de segunda, trigo por gravedad y trigo por aspersión) pertenecientes a una misma empresa del departamento de Anta. Para el análisis se tomaron en cuenta los flujos de materia y energía de un año o campaña (2012-2013), y la comparación entre sistemas de producción se llevó a cabo con ANOVA de una vía o con la prueba de Kruskal-Wallis, según correspondiese.

## RESULTADOS

### Diagramas de Flujos

Los diagramas son utilizados para mostrar los insumos 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 (Benzi, 2013). Las siguientes figuras (6-8) describen visualmente, en diagramas a mano alzada, el funcionamiento de los tres tipos de agroecosistemas bajo estudio, siguiendo la simbología propuesta por Odum (1996) y resumida en la tabla 3.

Tabla 3. Símbolos energéticos (adaptado de Odum,1996) utilizados para construir los diagramas de flujos.

| Símbolo   | Concepto  |
|---|---|
|  | Marco Del Sistema: Figura rectangular que representa los límites del sistema seleccionado.  |
|  | Fuente: Cualquier insumo que cruza el límite 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 transformación 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.   |

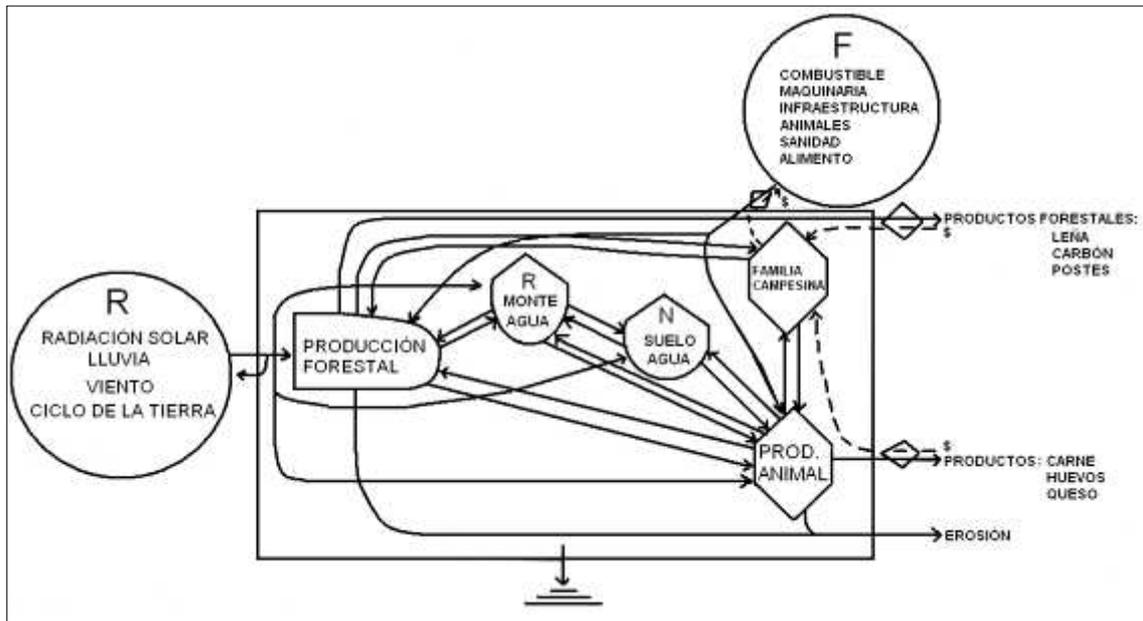


Figura 6. Diagrama modelo de los principales flujos energéticos en sistemas de Pequeños Productores (PP) del norte de Santiago del Estero.

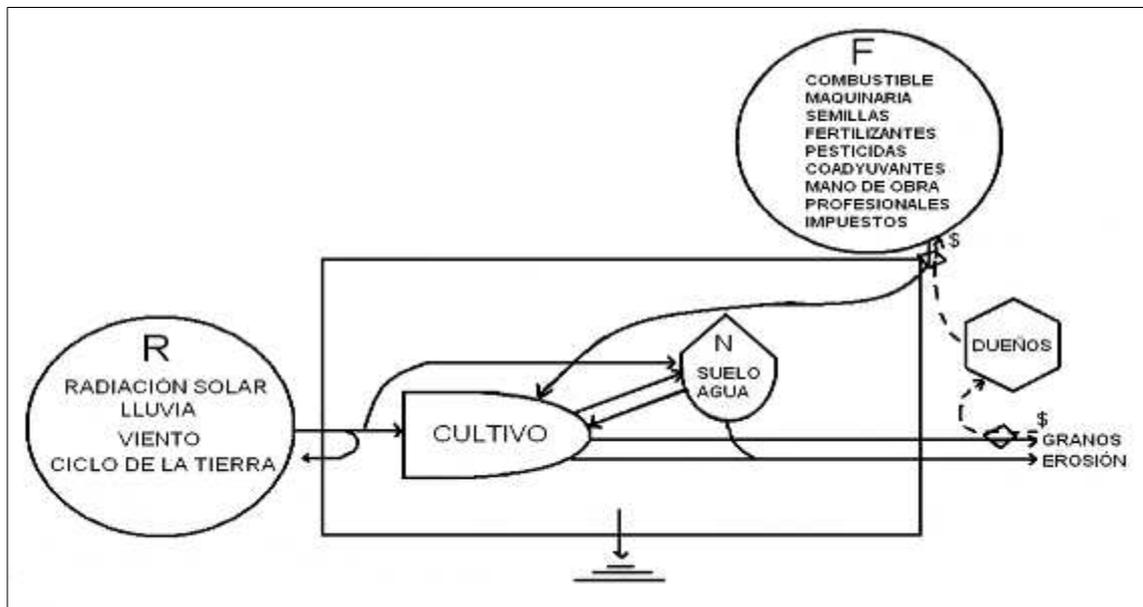


Figura 7. Diagrama modelo de los principales flujos energéticos en sistemas de cultivos bajo riego (AG) del sureste de Salta.

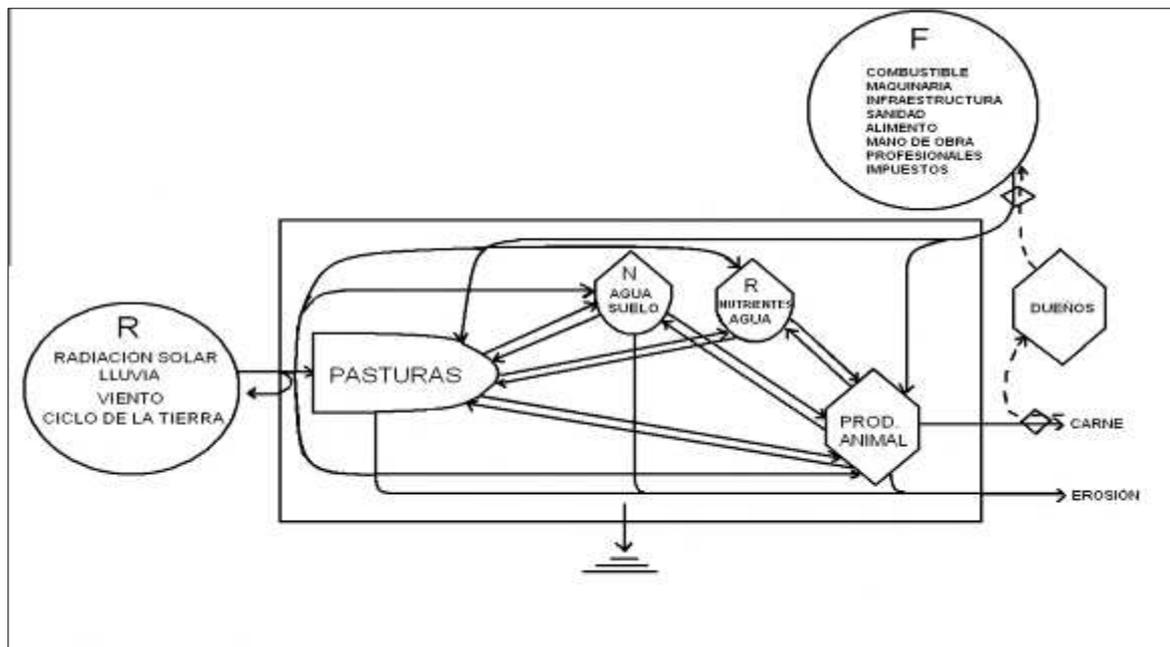


Figura 8. Diagrama modelo de los principales flujos energéticos en sistemas ganaderos en pasturas cultivadas (GAN) del sereste de Salta.

### Tablas de Evaluación Emergética

A continuación se presentan las tablas de evaluación emergética correspondientes a cada tipo de sistema de producción analizado. La tabla 4 representa a los sistemas ganaderos campesinos (PP) bajo monte nativo del NO de Santiago del Estero, la tabla 5 representa a los sistemas de cultivos bajo riego de grandes productores (AG) del SE de Salta, y finalmente la tabla 6 representa a los sistemas ganaderos sobre pasturas de Gatton Panic de grandes productores (GAN) del SE de Salta. La totalidad de las tablas, con detalles de las cuantificaciones de los flujos y sus correspondientes cálculos emergéticos, pueden ser consultadas en el ANEXO de esta tesis.

Tabla 4. Tabla de evaluación emergética de un sistema de producción campesina (PP) del NO de Santiago del Estero.

| Origen                          | Nota | Item                       | Unidad | Data<br>(unidad/ha.año) | Transformidad<br>(sej/unidad) | EMERGIA<br>(sej/ha.año) | % de la<br>EMERGIA<br>total |
|---------------------------------|------|----------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| <b>Recursos Renovables R</b>    |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 1    | Radiación Solar            | J      | 4,75E+13                | 1,00E+00                      | 4,75E+13                | 1,841                       |
| Natural                         | 2    | Lluvia                     | J      | 3,34E+10                | 3,10E+04                      | 1,04E+15                | 40,079                      |
| Natural                         | 3    | Viento                     | J      | 5,34E+08                | 3,10E+04                      | 1,31E+12                | 0,051                       |
| Natural                         | 4    | Ciclo de la tierra         | J      | 1,00E+10                | 1,20E+04                      | 1,20E+14                | 4,646                       |
| Natural                         | 5    | Labor familiar             | Hs     | 1,10E+02                | 6,99E+012                     | 7,69E+014               | 29,768                      |
| Natural                         | 6    | Recursos forestales        | kg     | 1,78E+03                | 3,90E+011                     | 6,93E+014               | 26,816                      |
| Natural                         | 7    | Agua para consumo animal   | Lt     | 5,10E+03                | 1,54E+009                     | 7,88E+012               | 0,305                       |
| <b>Recursos No Renovables N</b> |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 8    | Pérdida neta de suelo      | J      | 3,72E+08                | 7,24E+04                      | 2,70E+13                | 1,044                       |
| Natural                         | 9    | Agua para consumo animal   | Lt     | 5,10E+03                | 1,54E+09                      | 7,88E+12                | 0,305                       |
| <b>Materiales M</b>             |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        | 10   | Combustibles y lubricantes | J      | 1,73E+08                | 1,11E+05                      | 1,92E+13                | 0,742                       |
| Comprado                        | 11   | Maquinaria                 | kg     | 6,79E-02                | 1,13E+13                      | 7,64E+11                | 0,030                       |
| Comprado                        | 12   | Bebedores                  | gr     | 2,67E+03                | 1,54E+09                      | 4,11E+12                | 0,159                       |
| Comprado                        | 13   | Reemplazo de toros         | J      | 1,05E+07                | 1,07E+06                      | 1,12E+13                | 0,435                       |
| Comprado                        | 14   | Sanidad animal             | US\$   | 7,58E+00                | 1,08E+12                      | 8,19E+12                | 0,317                       |
| <b>Productos</b>                |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
|                                 | 15   | Carne                      | J      | 7,41E+08                |                               |                         |                             |
|                                 | 16   | Queso, quesillo            | J      | 2,81E+08                |                               |                         |                             |
|                                 | 17   | Postes                     | J      | 1,11E+10                |                               |                         |                             |
|                                 | 18   | Leña                       | J      | 2,31E+10                |                               |                         |                             |
|                                 | 19   | Reemplazo animales         | J      | 2,47E+08                |                               |                         |                             |

Tabla 5. Tabla de evaluación emergética de un cultivo de maíz de verano bajo riego por aspersión (AG), en el SE de la provincia de Salta.

| Origen                          | Nota | Item                       | Unidad | Data<br>(unidad/ha.año) | Transformidad<br>(sej/unidad) | EMERGIA<br>(sej/ha.año) | % de la<br>EMERGIA<br>total |
|---------------------------------|------|----------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| <b>Recursos Renovables R</b>    |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 1    | Radiación Solar            | J      | 4,79E+13                | 1,00E+00                      | 4,79E+13                | 0,905                       |
| Natural                         | 2    | Lluvia                     | J      | 2,94E+10                | 3,10E+04                      | 9,11E+14                | 17,225                      |
| Natural                         | 3    | Viento                     | J      | 7,39E+08                | 2,45E+03                      | 1,81E+12                | 0,034                       |
| Natural                         | 4    | Ciclo de la tierra         | J      | 1,00E+10                | 1,20E+04                      | 1,20E+14                | 2,268                       |
| <b>Recursos No Renovables N</b> |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 5    | Pérdida neta de suelo      | J      | 4,72E+08                | 7,24E+04                      | 3,41E+13                | 0,645                       |
| Natural                         | 6    | Agua para riego            | lt     | 1,50E+06                | 1,54E+09                      | 2,32E+15                | 43,810                      |
| <b>Materiales M</b>             |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        | 7    | Semillas                   | kg     | 2,00E+01                | 1,47E+13                      | 2,94E+14                | 5,558                       |
| Comprado                        | 8    | Combustibles y lubricantes | J      | 2,71E+09                | 1,11E+05                      | 3,01E+14                | 5,685                       |
| Comprado                        | 9    | Maquinaria                 | kg     | 2,73E+01                | 1,13E+13                      | 3,08E+14                | 5,813                       |
| Comprado                        | 10   | Nitrógeno                  | kg     | 5,00E+01                | 6,38E+12                      | 3,19E+14                | 6,030                       |
| Comprado                        | 11   | Fósforo                    | kg     | 2,00E+01                | 4,60E+12                      | 9,20E+13                | 1,739                       |
| Comprado                        | 12   | Pesticidas                 | J      | 2,87E+09                | 6,60E+04                      | 1,90E+14                | 3,587                       |
| Comprado                        | 13   | Coadyuvantes               | J      | 1,43E+09                | 1,11E+05                      | 1,58E+14                | 2,990                       |
| <b>Labores y Servicios S</b>    |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        | 14   | Labores                    | US\$   | 1,47E+02                | 1,08E+12                      | 1,58E+14                | 2,995                       |
| Comprado                        | 15   | Servicios                  | US\$   | 1,26E+01                | 1,08E+12                      | 1,37E+13                | 0,258                       |
| Comprado                        | 16   | Impuestos                  | US\$   | 1,79E+02                | 1,08E+12                      | 1,94E+14                | 3,662                       |
| Comprado                        | 17   | Seguro social              | US\$   | 1,14E-01                | 1,08E+12                      | 1,23E+11                | 0,002                       |
| <b>Productos</b>                |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
|                                 | 18   | Maíz                       | J      | 9,80E+10                |                               |                         |                             |

Tabla 6. Tabla de evaluación energética de un sistema de ganadería con pasturas de Gatton Panic (GAN), en el SE de la provincia de Salta.

| Origen                          | Nota | Item                         | Unidad | Data<br>(unidad/ha.año) | Transformidad<br>(sej/unidad) | EMERGIA<br>(sej/ha.año) | % de la<br>EMERGIA<br>total |
|---------------------------------|------|------------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| <b>Recursos Renovables R</b>    |      |                              |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         |      | 1 Radiación Solar            | J      | 4,66E+13                | 1,00E+00                      | 4,66E+13                | 3,924                       |
| Natural                         |      | 2 Lluvia                     | J      | 3,25E+10                | 3,10E+04                      | 1,01E+15                | 84,943                      |
| Natural                         |      | 3 Viento                     | J      | 7,39E+08                | 2,45E+03                      | 1,81E+12                | 0,152                       |
| Natural                         |      | 4 Ciclo de la tierra         | J      | 1,00E+10                | 1,20E+04                      | 1,20E+14                | 10,103                      |
| Natural                         |      | 5 Agua para consumo animal   | lt     | 7,58E+03                | 1,54E+09                      | 1,17E+13                | 0,986                       |
| <b>Recursos No Renovables N</b> |      |                              |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         |      | 6 Pérdida neta de suelo      | J      | 6,02E+08                | 7,24E+04                      | 4,36E+13                | 3,671                       |
| Natural                         |      | 7 Agua para consumo animal   | lt     | 7,58E+03                | 1,54E+09                      | 1,17E+13                | 0,986                       |
| <b>Materiales M</b>             |      |                              |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        |      | 8 Combustibles y lubricantes | J      | 4,78E+08                | 1,11E+05                      | 5,30E+13                | 4,466                       |
| Comprado                        |      | 9 Maquinaria                 | kg     | 9,37E-01                | 1,13E+13                      | 1,05E+13                | 0,888                       |
| Comprado                        |      | 10 Tanque australiano        | tn     | 2,79E-04                | 1,78E+015                     | 4,96E+011               | 0,042                       |
| Comprado                        |      | 11 Bebederos                 | g      | 6,79E+02                | 1,54E+09                      | 1,05E+12                | 0,088                       |
| Comprado                        |      | 12 Sanidad animal            | US\$   | 1,16E+01                | 1,08E+12                      | 1,25E+13                | 1,050                       |
| <b>Labores y Servicios S</b>    |      |                              |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        |      | 13 Labores                   | US\$   | 2,92E+01                | 1,08E+12                      | 3,16E+13                | 2,658                       |
| Comprado                        |      | 14 Servicios                 | US\$   | 1,32E+00                | 1,08E+12                      | 2,78E+01                | 0,000                       |
| Comprado                        |      | 15 Impuestos                 | US\$   | 2,44E+00                | 1,08E+12                      | 2,64E+12                | 0,222                       |
| <b>Productos</b>                |      |                              |        |                         |                               |                         |                             |
|                                 |      | 16 Carne                     | J      | 5,81E+08                |                               |                         |                             |
|                                 |      | 17 Reemplazo animales        | J      | 4,72E+07                |                               |                         |                             |

### Flujos e Indicadores Energéticos por tipo de sistema productivo

Los sistemas de producción bajo estudio generan diferentes cantidades y tipos de productos pudiéndose medir esta producción en términos de energía (J) producida, por unidad de tiempo y espacio. Además de la cantidad, es interesante conocer cómo se obtiene esa energía, cuánta energía se requiere para producirla, de dónde proviene la energía necesaria para generar el producto, es decir, la relación del sistema con los recursos locales y externos, la intensidad de uso de los recursos y la eficiencia del mismo para obtener productos en base a su utilización.

Los resultados obtenidos de las tablas 4, 5 y 6, muestran que la energía producida (En) por los sistemas productivos (Figura 9), es significativamente mayor en la agricultura bajo

riego ( $6.7E10$  J/ha.año), que en la ganadería en pasturas ( $1.16E09$  J/ha.año). El sistema del pequeño productor (PP) presenta un valor intermedio ( $1.41E10$  J/ha.año), no diferenciándose significativamente de los niveles productivos de los sistemas modernos, agrícolas y ganaderos (Figura 9a).

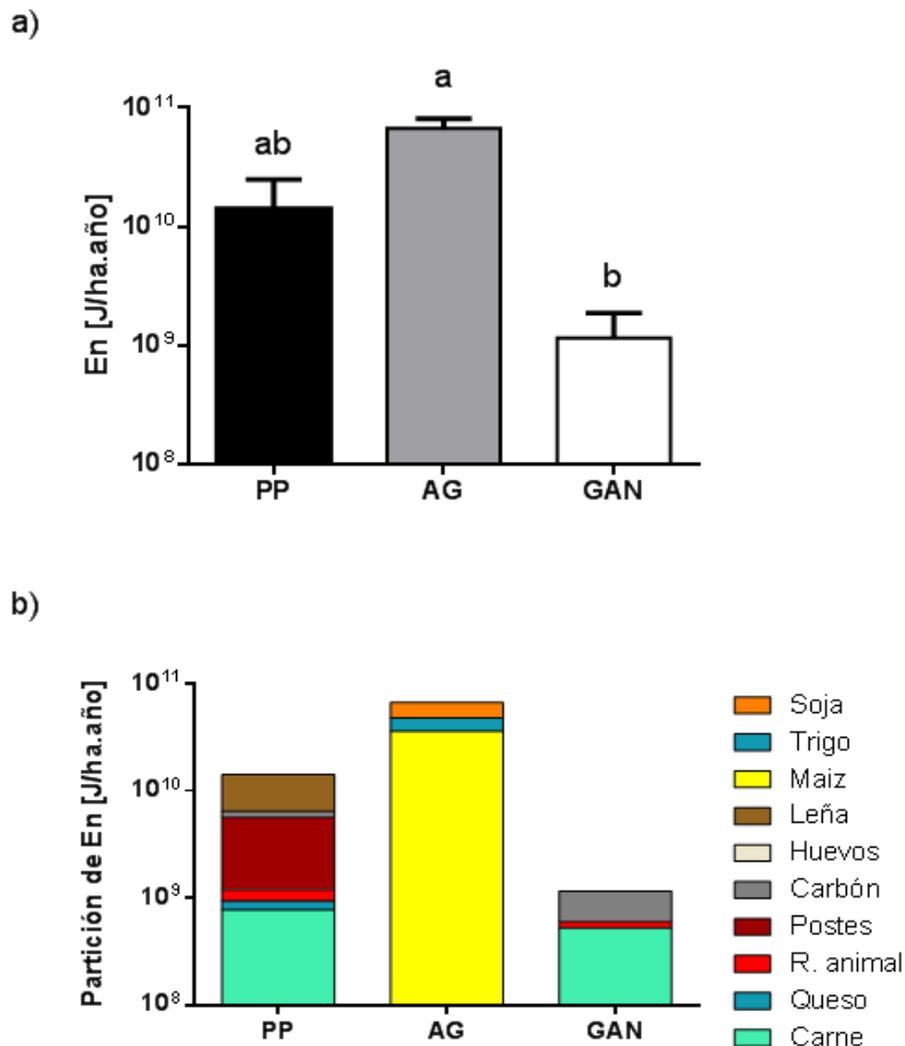


Figura 9. Energía producida (En=J/ha.año) por cada tipo de sistema agropecuario bajo estudio. a) Energía total entregada al sistema externo. Las columnas indican el valor de En y las barras el Error estándar. Comparaciones realizadas mediante el test estadístico Kruskal-Wallis ( $P < 0.05$ ); b) Detalle de tipos de productos y energía entregada por cada uno. Siendo PP) Pequeños Productores; AG) Agricultura bajo riego; GAN) Ganadería sobre pasturas implantadas.

Sin embargo, cada sistema entrega distintos productos (Figura 9b), siendo los PP los más diversificados (carne, huevos, quesos, productos forestales), mientras los sistemas modernos entregan uno o a lo sumo dos tipos de productos. La Figura 9b, muestra que la energía correspondiente a productos alimenticios (carne, derivados animales comestibles, granos) es equivalente, incluso un poco mayor, en los sistemas tradicionales de PP ( $9.38E08$  J/ha.año) que en los sistemas ganaderos en pasturas ( $5.27E08$  J/ha.año), mientras que la agricultura entrega una cantidad de energía en forma de alimento considerablemente mayor a los otros sistemas ( $6.7E10$  J/ha.año).

En la Tabla 7 se resumen los flujos energéticos provenientes de diferentes fuentes (recursos naturales (I), renovables (R), no renovables (N), provenientes del sistema económico (F)), y los cálculos de los indicadores energéticos correspondientes a cada uno de los predios relevados, con los cuales se generaron los gráficos que se describen más abajo.

Tabla 7. Indicadores y flujos energéticos de todos los sistemas productivos bajo estudio. Siendo PP1, 2 y 3) Pequeños Productores; Mv, Mi, Tg, Ta, S y S2°) Cultivos bajo riego, Maíz de verano, Maíz de invierno, Trigo por gravedad, Trigo por aspersión, Soja y Soja de segunda, respectivamente; GAN1, 2 y 3) Ganadería sobre pasturas implantadas.

| Indicadores   | PP1      | PP2       | PP3       | Mv       | Mi        | Tg        | Ta        | S         | S2°       | GAN1       | GAN2        | GAN3      |
|---------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| EYR=Y/F       | 59,45    | 30,16     | 34,24     | 2,61     | 6,33      | 8,52      | 3,75      | 2,82      | 2,35      | 9,15       | 10,62       | 7,95      |
| ELR=F+N/R     | 0,03     | 0,07      | 0,06      | 4,81     | 12,31     | 15,54     | 7,34      | 8,48      | 6,71      | 0,19       | 0,16        | 0,24      |
| EIR=F/N+R     | 0,02     | 0,03      | 0,03      | 0,62     | 0,19      | 0,13      | 0,36      | 0,55      | 0,74      | 0,12       | 0,10        | 0,14      |
| ESI=EYR/ELR   | 1902,01  | 421,50    | 556,00    | 0,54     | 0,51      | 0,55      | 0,51      | 0,33      | 0,35      | 47,80      | 64,87       | 33,46     |
| Tr=Y/En       | 72824,65 | 839210,69 | 219479,84 | 53978,10 | 103154,82 | 419963,52 | 211906,59 | 132252,52 | 145247,48 | 4018203,30 | 1890057,04  | 514302,55 |
| EER=Y/Emventa | 8,46     | 13,75     | 10,76     | 5,58     | 10,67     | 16,99     | 8,57      | 9,94      | 10,91     | 42,99      | 13,10       | 9,31      |
| Renovabilidad | 96,97    | 93,32     | 94,20     | 17,23    | 7,51      | 6,05      | 11,98     | 10,54     | 12,96     | 83,93      | 85,93       | 80,79     |
| R=            | 2,50E+15 | 1,08E+15  | 1,16E+15  | 9,11E+14 | 9,11E+14  | 9,11E+14  | 9,11E+14  | 9,11E+14  | 9,11E+14  | 9,24E+14   | 1,02E+15    | 1,07E+15  |
| N=            | 3,48E+13 | 3,88E+13  | 3,54E+13  | 2,35E+15 | 9,30E+15  | 1,24E+16  | 4,66E+15  | 4,67E+15  | 3,12E+15  | 5,66E+13   | 5,53E+13    | 8,79E+13  |
| I=            | 2,54E+15 | 1,12E+15  | 1,19E+15  | 3,26E+15 | 1,02E+16  | 1,33E+16  | 5,57E+15  | 5,58E+15  | 4,04E+15  | 9,81E+14   | 1,08E+15    | 1,16E+15  |
| F=            | 4,34E+13 | 3,83E+13  | 3,59E+13  | 2,03E+15 | 1,92E+15  | 1,77E+15  | 2,03E+15  | 3,06E+15  | 2,99E+15  | 1,20E+14   | 1,1181E+014 | 1,67E+14  |
| Y=            | 2,58E+15 | 1,15E+15  | 1,23E+15  | 5,29E+15 | 1,21E+16  | 1,51E+16  | 7,60E+15  | 8,64E+15  | 7,03E+15  | 1,10E+15   | 1,19E+15    | 1,33E+15  |

Evaluar la capacidad o eficiencia de un sistema, no se limita al volumen final producido e intercambiado con el sistema externo. La transformidad (Tr) es una medida de cuánta energía es necesaria para generar una unidad de producto o salida, permitiendo dimensionar así la eficiencia energética de la producción (Brown & Ulgiati, 2004). La Tr es calculada dividiendo la energía total requerida por el sistema (Y) por la suma de la energía de todos los productos. Mientras más grande sea la Tr, mayor será el soporte ambiental necesario para llevar a cabo los procesos y obtener los productos (Cavalett *et. al.*, 2006). En base a esto, puede decirse que los sistemas ganaderos en pasturas implantadas son considerablemente menos eficientes en la transformación de la energía utilizada para obtener productos que los sistemas tradicionales de PP y que los sistemas agrícolas bajo estudio (Figura 10). La Tr sigue un patrón similar a la En, disminuyendo la productividad y la eficiencia energética desde la AG ( $1,7E+05$  seJ/J) hacia la GAN ( $2,14E+06$  seJ/J), presentando los PP un valor medio ( $3,7E+05$  seJ/J), aunque no significativamente diferente a la AG. La Tr sin embargo, no nos habla de cuánta energía total se necesita ni de dónde provienen los insumos. Para ahondar en la intensidad de uso y la relación de los sistemas con su ambiente, es necesario conocer la procedencia de los flujos energéticos y sus valores absolutos

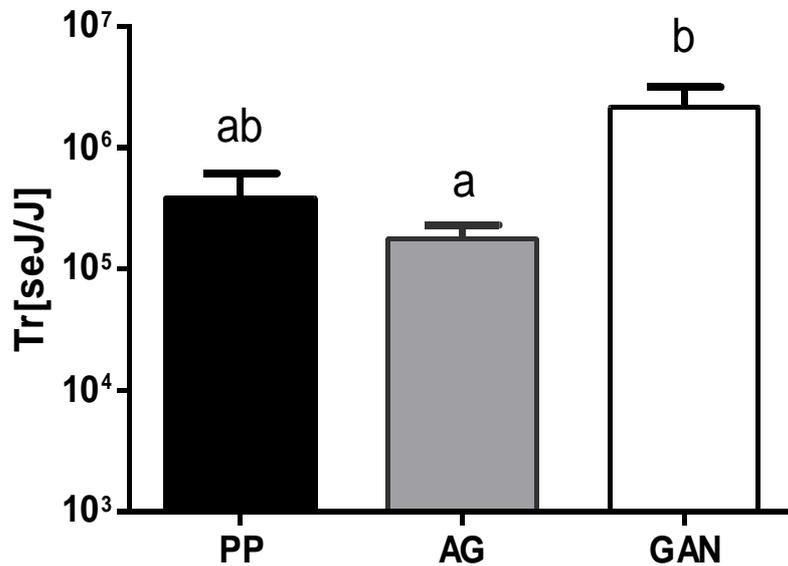


Figura 10. Valores promedio de transformidad ( $Tr = Y/En$ ) para cada tipo de sistema productivo bajo estudio. Las columnas indican el valor de  $Tr$  y las barras el Error estándar. Comparaciones realizadas mediante el test estadístico Kruskal-Wallis. Siendo PP) Pequeños Productores; AG) Agricultura bajo riego; GAN) Ganadería sobre pasturas implantadas.

La Renovabilidad (%R) es el porcentaje de la energía renovable utilizada por el sistema. La %R media de los sistemas tradicionales o PP es del 95%, o visto al revés, tan sólo el 5% de la energía utilizada proviene de fuentes no renovables (N+F). Para los sistemas modernos de agricultura bajo riego y ganadería en pasturas implantadas, la %R media es del 11% y 83,5% respectivamente. Esto muestra (Figura 11) que la %R decrece un poco desde los sistemas campesinos a los sistemas ganaderos, y de manera significativa esta reducción ocurre al evaluar los nuevos sistemas agrícolas de la zona, los cuales utilizan en promedio un 89% de energía no renovable.

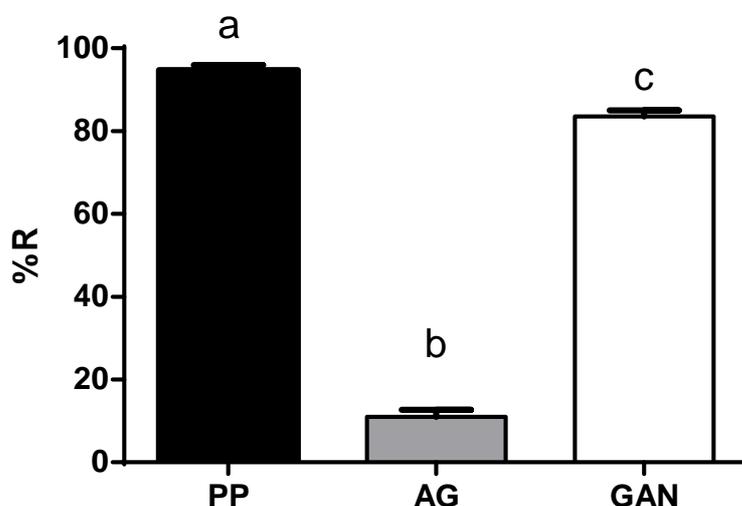


Figura 11. Renovabilidad de los tres sistemas productivos bajo estudio, calculada como  $\%R = 100 * R/Y$ . Las columnas indican el valor de  $\%R$  y las barras el Error estándar. Comparaciones realizadas mediante el test estadístico ANOVA. Siendo PP) Pequeños Productores; AG) Agricultura bajo riego; GAN) Ganadería sobre pasturas implantadas.

La renovabilidad, como se dijo anteriormente, indica los porcentajes de energía renovable y no renovable utilizada en el proceso de producción, y como complemento de esa información se presenta la Figura 12, en la que se detallan las fuentes energéticas, sus valores absolutos y porcentajes, lo cual nos da una mejor idea de la intensidad de uso de los recursos. En ella se presentan los componentes de la energía total utilizada (Y), la energía proveniente de los recursos locales (I) y la energía proveniente del sistema externo (F). En base a la Figura 12a y b se puede decir que la agricultura bajo riego captura sensiblemente más energía que los sistemas ganaderos y campesinos, sostenida principalmente por el consumo de recursos locales no renovables (N) como suelo y agua para riego. Por su lado los sistemas ganaderos en pasturas y los sistemas de pequeños productores tienen un consumo similar entre sí, sostenido principalmente por recursos locales renovables (R). En la Figura 12c y d se presenta la misma información en valores relativos al 100%. Allí puede verse que

la agricultura, además de tener un consumo absoluto mayor, es decir, una intensidad de explotación de recursos mayor, en valores relativos también hace una utilización mayor de recursos no renovables (F y N).

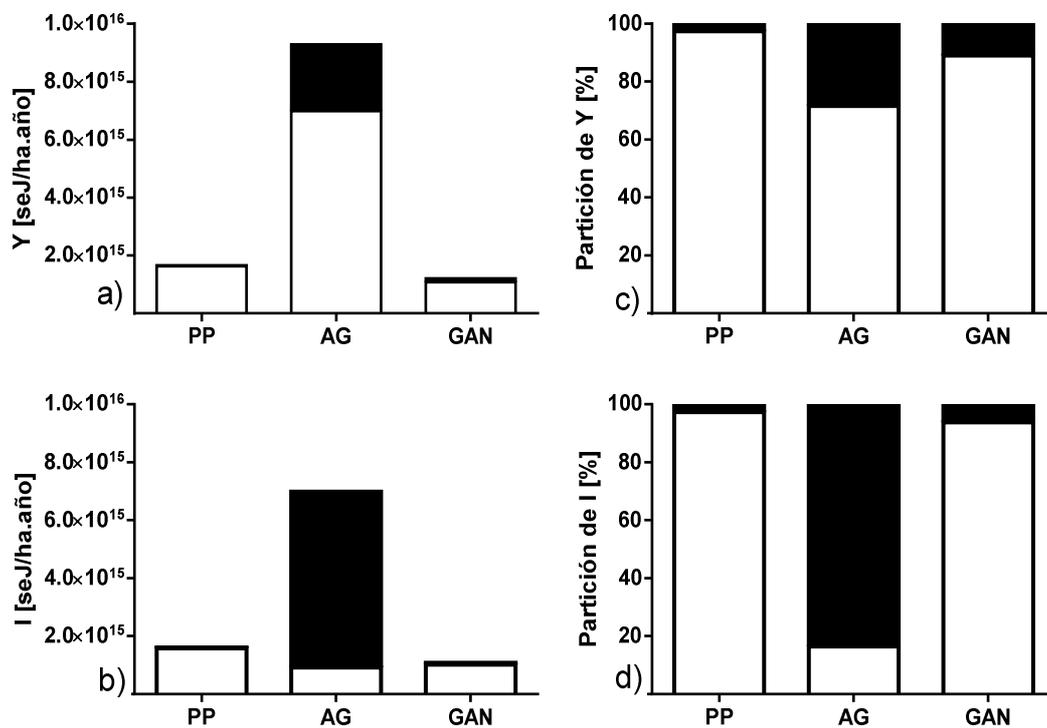


Figura 12. Consumo energético total (Y) y el consumo energético proveniente de recursos locales (I). Paneles a y c: Valores absolutos y partición relativa de Y y sus componentes F (negro) e I (blanco); paneles b y d: Valores absolutos y partición relativa de I y sus componentes N (negro) y R (blanco). PP) Pequeños Productores; AG) Agricultura bajo riego; GAN) Ganadería sobre pasturas implantadas.

El valor de F puede interpretarse como el grado de dependencia de insumos externos al agroecosistema, y como la inversa del reciclaje interno, es decir, a mayor F mayor dependencia del sistema económico y menor capacidad de aprovechamiento de los recursos internos del sistema. En la Figura 12a y c, se muestra que los sistemas agrícolas son los más dependientes de los insumos externos, con casi el 30% de la energía utilizada proveniente de

F, siendo los sistemas campesinos los menos dependientes y con mayor reciclaje interno con tan sólo 2,6% de la emergía proveniente de F, seguido por los sistemas ganaderos con casi un 11%.

A continuación se detalla la partición de F en sus componentes para cada sistema estudiado. Los sistemas agrícolas superan a los demás sistemas en cantidad de emergía utilizada proveniente del sistema económico en dos órdenes de magnitud (Figura 13 a), siendo la compra de materiales (M) la mayor responsable, representando casi el 76,6% de F. Por otro lado, en valores relativos la GAN utilizaría menos materiales y más contratación de servicios (61,6% M y 38,4% S) que AG, mientras que el 100% de la emergía proveniente del sistema externo en los PP correspondería a materiales, lo cual significaría que la mano de obra, maquinaria y asesoramiento es exclusivamente familiar o comunitaria. En los tres sistemas, los materiales representan más del 50% de la emergía externa al sistema utilizada en el proceso productivo, y dentro de éstos (Figura 13c), los combustibles y lubricantes explican la mayor proporción en GAN y PP, mientras que en AG el mayor porcentaje lo explican los agroquímicos (47%), seguido por las semillas (27%).

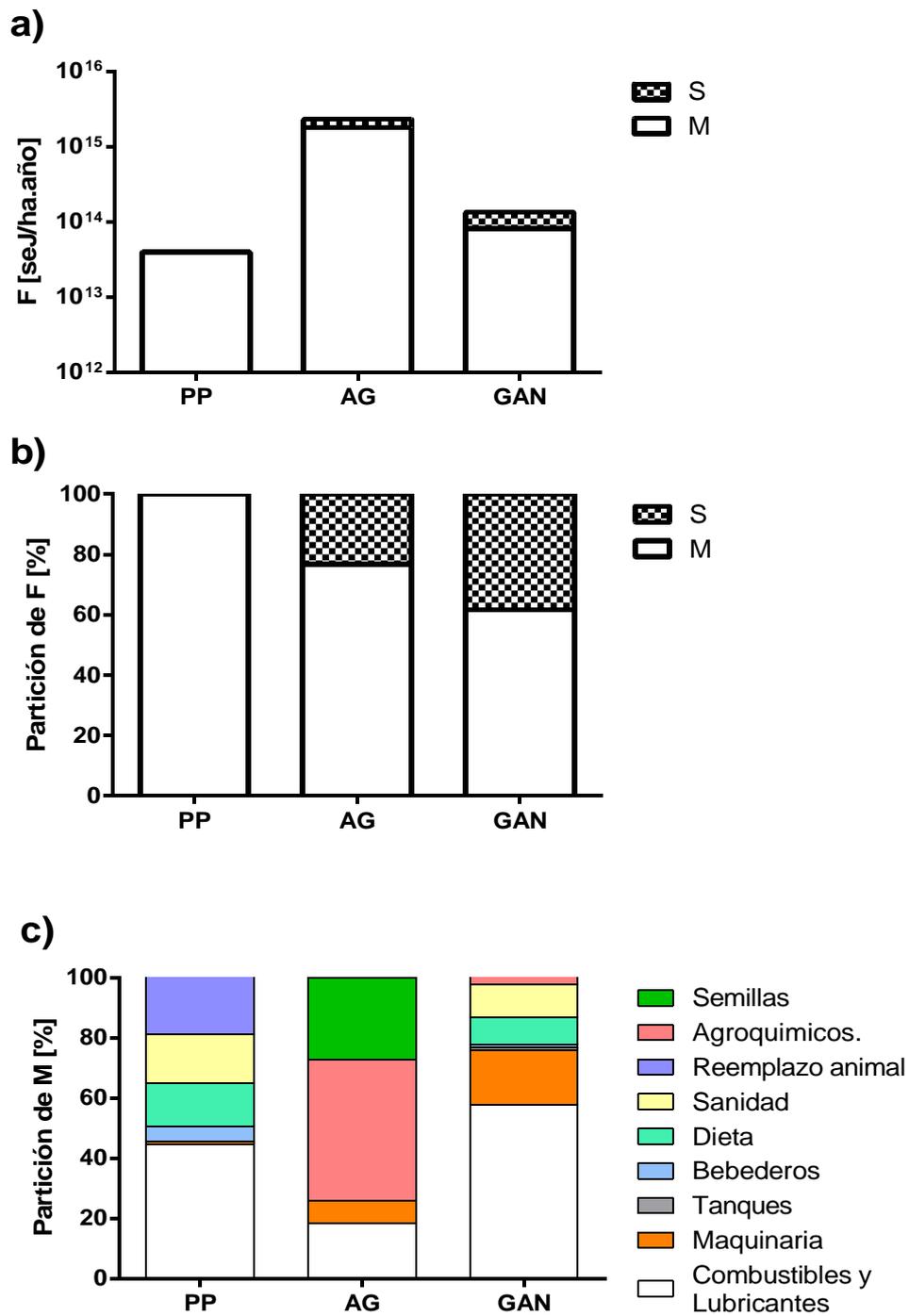


Figura 13. Valores absolutos (a) y relativos (b) de la energía utilizada proveniente de la economía (F), y la partición entre sus componentes (S y M); c) Partición de la energía proveniente de los materiales en valores relativos. Siendo PP) Pequeños Productores; AG) Agricultura bajo riego; GAN) Ganadería sobre pasturas implantadas.

La relación de rendimiento energético (EYR), es una medida de la habilidad de un proceso para explotar y disponer de los recursos locales mediante la inversión de recursos comprados y es calculada dividiendo la energía total utilizada, por la energía de los recursos comprados. EYR estima cuántos recursos es capaz de capturar el sistema por cada unidad de recursos externos invertidos. La EYR de los sistemas estudiados aquí (Figura 14 a) superan la unidad, indicando una buena capacidad de aprovechamiento de los recursos locales, siendo los PP los sistemas más eficientes en la captación de recursos locales por unidad de recurso externo (EYR=41,3), seguidos por los sistemas ganaderos (EYR=9,2) y por último la AG (EYR=4,4).

La relación de inversión energética (EIR) es calculada dividiendo la energía comprada por la energía de los recursos locales. De esta manera, EIR evalúa si un proceso hace un buen uso de la energía invertida comparado con sistemas alternativos. La EIR de los sistemas campesinos es 0,02, la más baja de los sistemas estudiados, señalando que por cada unidad de energía local incorporan 0,02 unidades de energía externa (Figura 14b). Para los sistemas ganaderos la EIR es 6 veces mayor (EIR=0,12) que para los PP, siendo los sistemas agrícolas los más ineficientes, o visto de otro modo, los más dependientes del sistema económico, superando a los PP 21,5 veces (EIR=0,43).

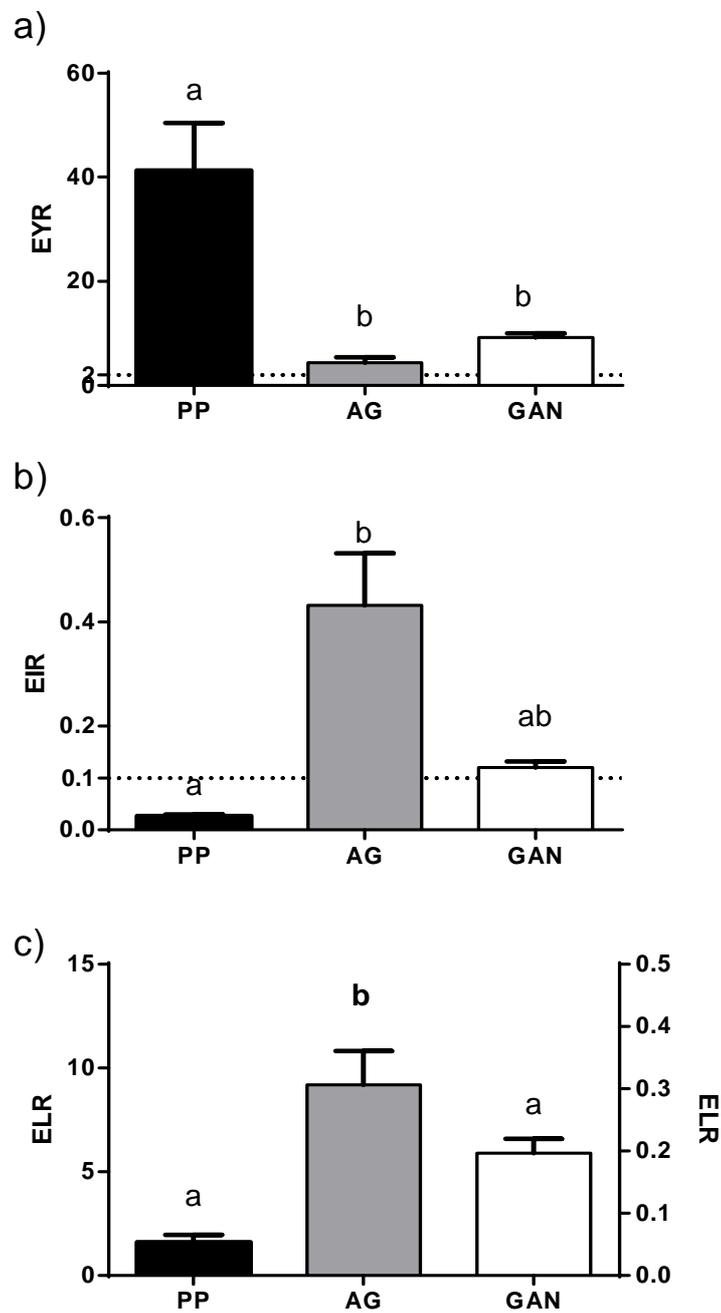


Figura 14. Indicadores energéticos: a) Relación de rendimiento energético ( $EYR = Y/F$ ), b) Relación de inversión energética ( $EIR = F/I$ ), c) Presión ambiental ( $ELR = (N+F)/R$ ), los valores de PP y GAN corresponden al eje derecho, mientras que AG al eje izquierdo del gráfico. Las columnas indican el valor y las barras el Error estándar. Comparaciones realizadas mediante ANOVA (a y c) y el test estadístico Kruskal-Wallis (b). Siendo PP) Pequeños Productores; AG) Agricultura bajo riego; GAN) Ganadería sobre pasturas implantadas.

El indicador de presión ambiental (ELR) está dado por la relación de la emergía no renovable proveniente tanto de recursos locales como de insumos externos, con la emergía de los recursos renovables. El ELR obtenido para los PP y la GAN (Figura 14c) están dentro de los rangos de impactos ambientales bajos, con valores de 0,05 y 0,2 respectivamente. Por su parte, los valores más altos de ELR corresponden a AG (9,2), indicando una moderada, cercana a alta, presión ambiental significativamente mayor que la producida por los sistemas tradicionales de la zona

El indicador de sustentabilidad emergética (ESI), es la relación entre el rendimiento o retorno emergético (EYR) y la presión ambiental (ELR). Los valores de ESI obtenidos para los sistemas aquí estudiados (Figura 15), son claramente distintos entre sí, mostrando una diferencia significativa entre el ESI de los PP (960) y el de sistemas modernos AG (0,46) y GAN (49). La mayor sustentabilidad de los sistemas tradicionales de la zona está dada por la elevada respuesta del sistema a la incorporación de recursos de la economía externa, y por la menor presión ambiental ejercida en el proceso productivo. En base a esto, se podría establecer un gradiente de sustentabilidad decreciente desde los agroecosistemas manejados por pequeños productores, seguido por la ganadería en pasturas cultivadas y por último la agricultura bajo riego.

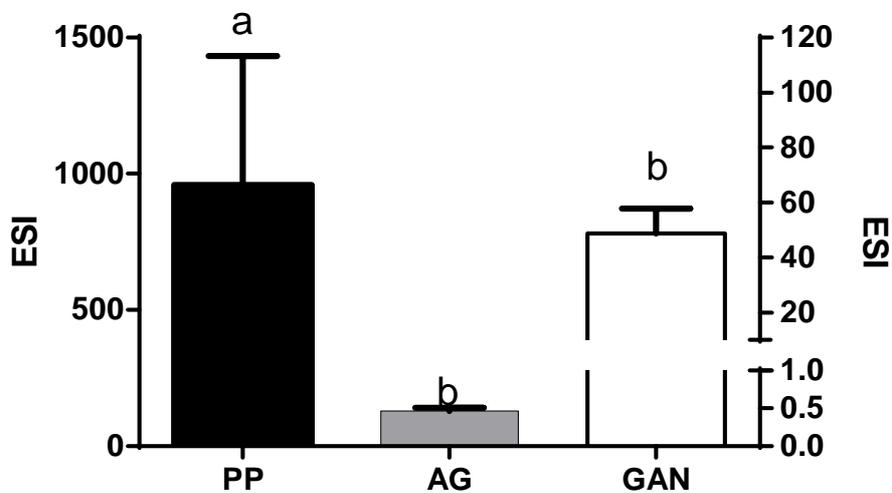


Figura 15. Indicador de sustentabilidad emergética (ESI=EYR/ELR). Las columnas indican el valor de ESI y las barras el Error estándar. Valores de PP corresponden al eje izquierdo, mientras que los de AG y GAN al derecho. Comparaciones realizadas mediante el test estadístico ANOVA. Siendo PP) Pequeños Productores; AG) Agricultura bajo riego; GAN) Ganadería sobre pasturas implantadas.

La relación de intercambio energético (EER), es calculada como la energía total del producto entregado al sistema económico, dividida por el valor energético del dinero recibido a cambio. Los valores de EER calculados para los tres sistemas fueron similares (sin diferencias significativas), entre 10,4 y 22 (Figura 16), indicando que estos sistemas entregan entre 10 y 22 veces más energía a los compradores de sus productos, que la energía recibida por dicha venta, poniendo a los sistemas productivos en situación de desventaja en el intercambio. Estos resultados demuestran que los precios recibidos por los productos subestiman su valor ambiental.

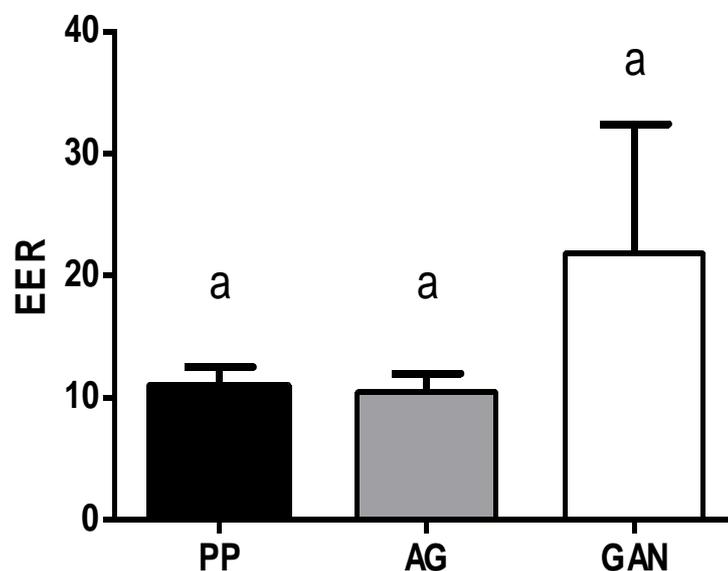


Figura 16. Indicador de relación de intercambio energético ( $EER=Y/$(sej/$)$ ). Las columnas indican el valor de EER y las barras el Error estándar. Comparaciones realizadas mediante ANOVA de una vía. Siendo PP) Pequeños Productores; AG) Agricultura bajo riego; GAN) Ganadería sobre pasturas implantadas.

### Indicadores Emergéticos por cultivos intensivos bajo riego

Dentro de los sistemas de agricultura bajo riego (AG), se encuentran agrupados distintos cultivos que difieren en su comportamiento energético, por lo que se puede descomponer y analizar cuál de estos cultivos o rotaciones son las más adecuadas para la zona, para lo cual se presentan a continuación los principales indicadores para los 6 cultivos relevados.

La producción total de energía (En) o la energía entregada al sistema externo (Figura 17a) es mayor por parte de los cultivos de maíz, seguidos por los de soja y por último por los cultivos de trigo. Siendo el más productivo el maíz de invierno y el menos productivo el trigo. A su vez, la transformidad (Tr), es decir, los seJ necesarios para producir cada J de energía del producto, es mayor para los cultivos de trigo, seguidos por los de soja y por

último los de maíz (Figura 17b). Por lo que puede decirse que los cultivos estivales (maíz y soja) son más productivos y más eficientes, al consumir menor cantidad de energía por J producido, que los cultivos invernales.

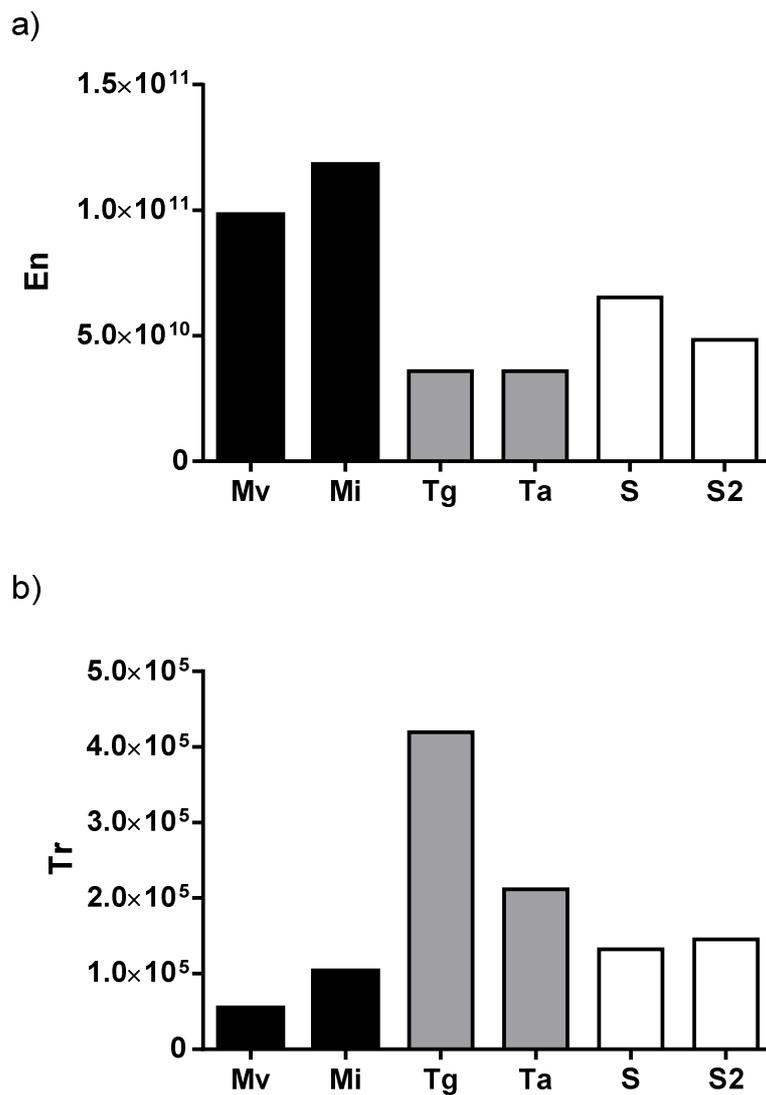


Figura 17. a) Energía producida y entregada al sistemas externo ( $En=J/ha.año$ ) por cada tipo de cultivo; b) Valores de transformidad ( $Tr=Y/En$ ) para cada tipo de cultivo estudiado. Siendo Mv) Maíz de verano; Mi) Maíz de invierno; Tg) Trigo bajo riego por gravedad; Ta) Trigo bajo riego por aspersión; S) Soja; S2) Soja de segunda.

La renovabilidad (%R), o porcentaje de energía renovable utilizada en el proceso productivo, en todos los casos es inferior al 20%, indicando una baja renovabilidad de la energía del sistema, por ende, una elevada dependencia de recursos no renovables (Figura 18).

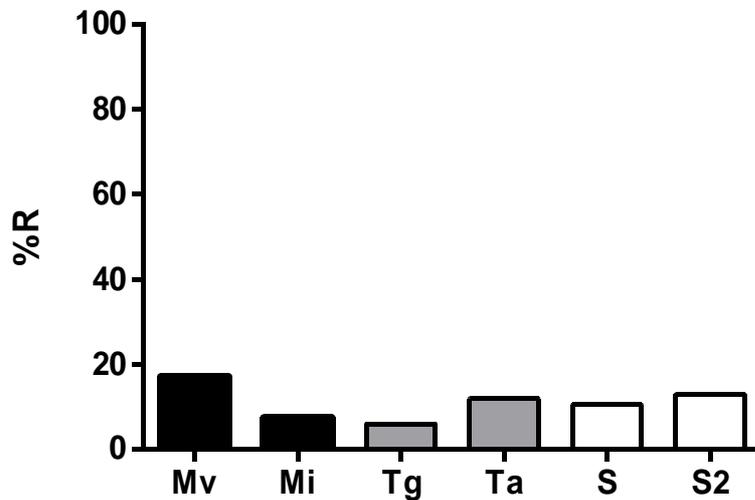


Figura 18. Renovabilidad de los seis cultivos bajo estudio, calculada como  $\%R = 100 * R/Y$ . Siendo Mv) Maíz de verano; Mi) Maíz de invierno; Tg) Trigo bajo riego por gravedad; Ta) Trigo bajo riego por aspersión; S) Soja; S2) Soja de segunda.

EYR (Figura 19a) y EIR (Figura 19b), proveen información similar, indicando cuánta energía es capaz de capturar el sistema por cada unidad de energía incorporada desde el sistema económico (EYR) y cuánta energía de insumos externos es necesaria por cada unidad de energía utilizada de los recursos internos del sistema (EIR). En definitiva, ambos nos hablan de la dependencia de insumos externos al sistema productivo, con los cuales podemos ver que los cultivos peor posicionados son S2, Mv y S, seguidos por Ta, Mi, y en mejor posición con respecto a la dependencia externa, se encuentra Tg. Por otro lado, se

muestran los valores de ELR (Figura 19c), indicador de la presión ambiental ejercida por el proceso. Puede verse que la mayoría de los cultivos estudiados aquí, se encuentran en los rangos de impacto ambiental moderado (ELR entre 3 y 10), a excepción del Mi y Tg, los cuales superan el valor a partir del cual se considera que podrían estar causando fuertes impactos ambientales.

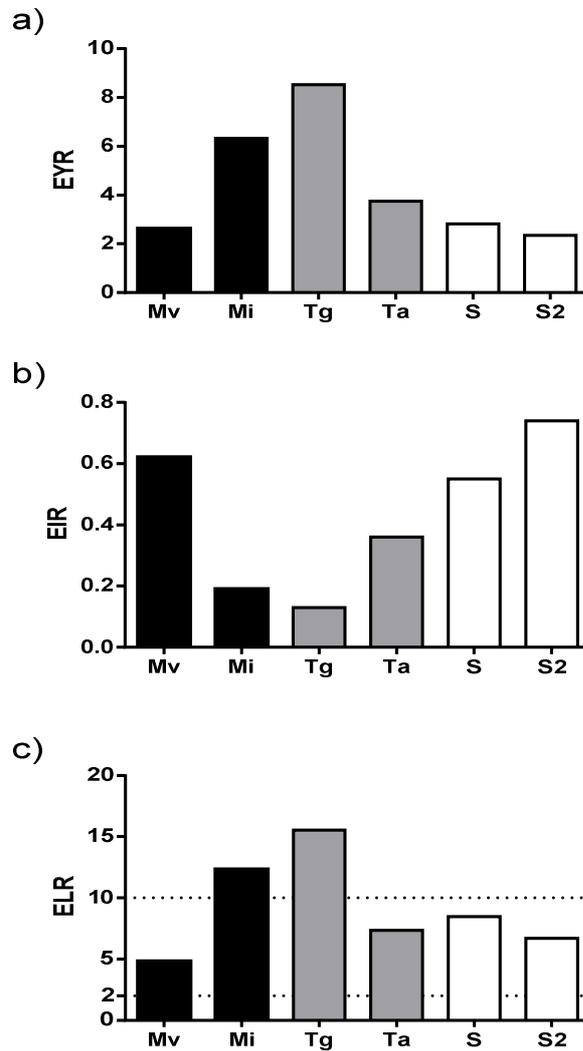


Figura 19. Indicadores energéticos: a) Relación de rendimiento energético ( $EYR = Y/F$ ), b) Relación de inversión energética ( $EIR = F/I$ ), c) Presión ambiental ( $ELR = (N+F)/R$ ). Siendo Mv) Maíz de verano; Mi) Maíz de invierno; Tg) Trigo bajo riego por gravedad; Ta) Trigo bajo riego por aspersión; S) Soja; S2) Soja de segunda.

El indicador de sustentabilidad emergética (ESI), indica si el proceso provee una contribución adecuada con una baja presión ambiental. Los valores más elevados de ESI (Figura 20), dentro de los cultivos bajo riego, pertenecen a cultivos de maíz de verano y trigo regado por gravedad, los valores menores más cercanos pertenecen a maíz de invierno y trigo regado por aspersión, por último los valores más bajos de sustentabilidad corresponden a los cultivos de soja de segunda y soja de primera.

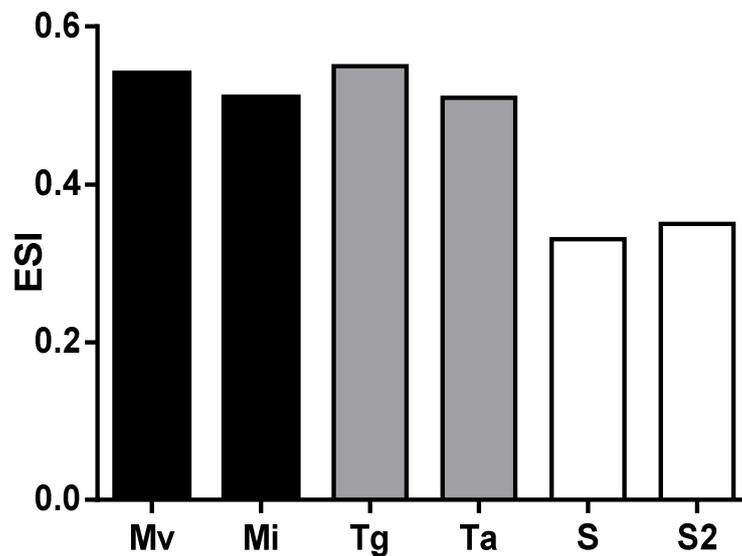


Figura 20. Indicador de sustentabilidad emergética ( $ESI = EYR/ELR$ ). Siendo Mv) Maíz de verano; Mi) Maíz de invierno; Tg) Trigo bajo riego por gravedad; Ta) Trigo bajo riego por aspersión; S) Soja; S2) Soja de segunda.

Finalmente, la relación de intercambio emergético (EER), medida de la equitatividad emergética en el intercambio entre el sistema productivo y el sistema económico, de los cultivos estudiados (Figura 21) muestra que los cultivos de maíz de verano y trigo por aspersión presentan la mayor equitatividad. Estos cultivos reciben un “precio mas justo” por la emergía entregada al sistema económico que el resto de los cultivos, por ejemplo que

trigo por gravedad el cual entrega 17 veces más energía de la que recibe en forma de pago.

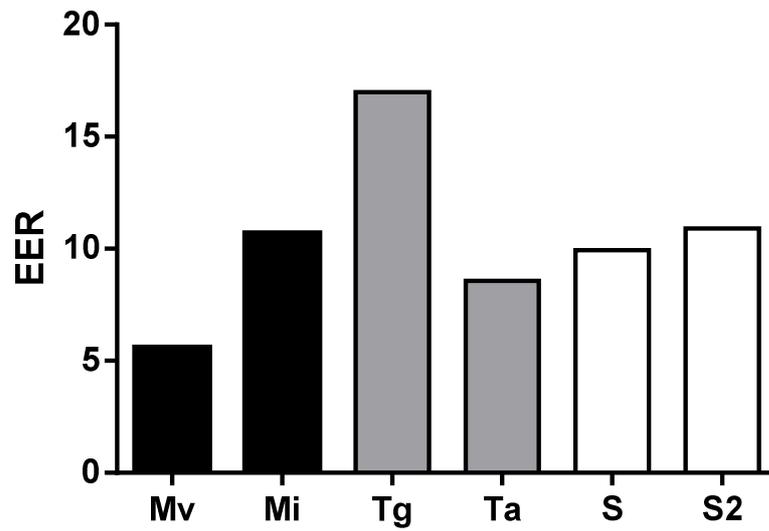


Figura 21. Indicador de relación de intercambio energético ( $EER=Y/$(sej/$)$ ). Siendo Mv) Maíz de verano; Mi) Maíz de invierno; Tg) Trigo bajo riego por gravedad; Ta) Trigo bajo riego por aspersión; S) Soja; S2) Soja de segunda.

## DISCUSIÓN

Los resultados de esta tesis muestran al análisis energético como una herramienta eficaz que da cuenta de la utilización de los recursos, integrando indicadores que evalúan el funcionamiento y necesidades del sistema (centrándose en una mirada *donor-side*) y que permite comparaciones entre las distintas formas de manejo. En particular, la evaluación energética, al considerar no solo los flujos directos de energía, sino también la cantidad total del trabajo ambiental para obtener cada uno de los insumos del sistema (es decir la energía), permite caracterizar mas acabadamente la presión ambiental que se genera (y se ha generado) sobre la naturaleza para obtener los productos de cada sistema. Este estudio provee información sobre el desempeño energético de los sistemas productivos, con una metodología poco explorada en nuestro país, y con un análisis novedoso no sólo por el empleo de la síntesis energética en sí, sino por la aplicación en la evaluación del funcionamiento de sistemas productivos desarrollados en zonas aptas (i.e Pampa Ondulada) y que son replicados en zonas más frágiles (i.e Chaco Semiárido).

Ciertas características pueden considerarse como deseables o importantes en un sistema productivo al momento de considerar su sustentabilidad. Entre ellas pueden citarse la productividad, la eficiencia en el uso de los recursos, la equidad y la estabilidad productiva. Estas características pueden ser evaluadas y comparadas a partir de los resultados obtenidos en esta tesis, lo que permite establecer algunas diferencias entre los diversos sistemas de producción agropecuaria. Por un lado, lo que en un principio se planteó como los dos extremos de un gradiente de intensificación productiva (la agricultura extensiva de cultivos de grano bajo riego: AG y el sistema productivo de pequeños productores: PP), resultaron

similares en términos de cantidad total de energía producida (productividad), eficiencia de transformación de la energía en un producto cosechable (transformidad), y equidad en el intercambio con el sistema económico (*economic exchange ratio*: EER). Si bien la agricultura bajo riego (AG) presentó valores algo más deseables en términos de productividad (i.e. alta productividad, baja transformidad), en la comparación estadística con PP las diferencias no fueron significativas. Ambos sistemas productivos comenzaron a diferenciarse, y a tornarse extremos, cuando se avanzó en el análisis de la relación y procedencia de la energía de los recursos utilizados. Así, de los tres sistemas estudiados, PP resultó ser el sistema con 1) mayor reciclaje interno o menor dependencia de recursos externos, 2) mayor rendimiento energético por unidad de energía externa incorporada, 3) menor presión ambiental y 4) mayor sustentabilidad energética. Mientras que en el extremo opuesto, se encontró la AG con los valores más bajos de todos los aspectos mencionados para PP. Por otro lado, la ganadería en pasturas (GAN), se encontró en el extremo más bajo del gradiente con respecto a productividad, eficiencia e intercambio con la economía, y en una posición intermedia en lo que respecta a rendimiento, reciclaje interno, presión ambiental y sustentabilidad. De esta manera, la Hipótesis 1 no pudo ser aceptada, dado que el compromiso entre productividad energética y presión ambiental en sistemas modernos sólo se cumplió para AG, mientras que GAN presentó mayor presión ambiental que PP sin ser más productivo, y por último PP resultó ser similar en términos de productividad a AG con valores bajos de presión ambiental.

Con este conjunto de resultados puede considerarse cuál de estos sistemas que actualmente comparten (y a veces disputan) el territorio, aparece como el más apropiado para la zona. Bajo las condiciones del límite temporal estudiado (2012-2013), los sistemas tradicionales de

pequeños productores (PP) se mostraron como los más adecuados, desde el punto de vista del análisis de flujo de energía. Comparado con PP, AG se encontró por encima en cuanto a productividad energética (aunque las diferencias no son significativas estadísticamente), pero con un desempeño ampliamente inferior en relación a carga ambiental y sustentabilidad energética. Para alcanzar el máximo rendimiento de ciertas especies, es necesario simplificar y homogeneizar el sistema e incrementar el uso de insumos externos (Pimentel, 1984). La menor complejidad de los sistemas agrícolas modernos y la canalización de energía por menos y más cortas cadenas tróficas, aceleran el flujo y disminuyen aquella energía disponible para estabilizar y mantener las estructuras, funciones y autorregulación de los agroecosistemas (Viglizzo, 1983; Giampietro & Pimentel, 1994). Esto nos podría estar alertando sobre el riesgo de la continuidad, estabilidad y capacidad de AG de mantener esa productividad superior en el tiempo. De esta manera, PP es el sistema más apropiado en términos energéticos en comparación a los sistemas seleccionados, lo cual no significa necesariamente que sean sistemas ideales que no generan ningún tipo de presión o degradación ambiental. Los indicadores podrían ser aún más favorables sin la necesidad de un cambio radical en las formas de vida y producción. Algunos cambios podrían ser, aumentar la captación y almacenamiento de agua de lluvia, aplicar algún sistema pequeño de riego por gravedad, incorporar mínimas áreas de pasturas para los terneros y madres preñadas, mejorar las razas, incentivar la transición completa de extracción forestal a cría de animales, entre muchas otras cosas. De la misma manera, podría mejorarse el desempeño de los sistemas GAN incorporando un buen manejo rotativo del ganado que permita mejorar las condiciones de las pasturas, o incorporando formas de incrementar la fertilidad del suelo.

Dentro de los sistemas más intensivos se encuentran agrupados diversos cultivos que presentaron diferencias en sus indicadores energéticos, y profundizando en ellas, se pueden identificar a los cultivos más convenientes en términos energéticos bajo esta forma de agricultura bajo riego. Entre ellos, los cultivos de trigo regados por gravedad (Tg) y mediante aspersión (Ta) presentaron la menor productividad y eficiencia energética, y especialmente Tg reunió la menor renovabilidad, mayor presión ambiental y menor equidad de intercambio con el sistema económico. De esta manera, el trigo con riego por gravedad (Tg), se mostró como la opción menos viable, ya que los únicos indicadores aceptables (retorno EYR y sustentabilidad ESI) se debieron al mayor consumo de agua contabilizada en recursos internos, lo que volvió más favorable la relación Y/F (EYR) y por lo tanto mejoró sensiblemente el índice de sustentabilidad energética (ESI). Así, Tg tuvo (dentro de los cultivos) un buen valor del indicador de sustentabilidad energética, llegando a valores de ESI similares a Mv, pero por distintas vías. Sin embargo, con respecto a carga ambiental (ELR), Tg presentó valores mayores a 10, lo que está indicando un elevado riesgo ambiental debido a que la utilización de energía proveniente de recursos no renovables superó en 10 veces o más la proveniente de recursos renovables. Los cultivos de soja de primera (S) y de segunda (S2) obtuvieron valores medios de productividad, eficiencia y renovabilidad, pero los valores más bajos de sustentabilidad energética. Los cultivos de maíz de verano (Mv) y de invierno (Mi) consiguieron los valores más altos de productividad y eficiencia, y en particular el Mv, aparece como el cultivo que mejor logró utilizar la energía en su ciclo productivo, debido a que tuvo la mayor renovabilidad, menor presión ambiental, mejor equidad y uno de los mejores valores de sustentabilidad energética..

A nivel general, por lo detallado anteriormente, los cultivos de verano presentaron un mejor desempeño emergético que los cultivos de invierno, apoyando la Hipótesis 2 de este trabajo. Basando el análisis sólo en la línea emergética, podría recomendarse el Mv como el cultivo más apropiado entre los que se incluyen en el sistema agrícola mas intensivo (AG). Sin embargo, esta mirada debería considerarse como un complemento a las consideraciones que los productores deberían tener a mano para decidir qué cultivos realizar. Si bien Mv aparece como el cultivo emergéticamente con mejor desempeño, en la práctica sería recomendable evitar monocultivos y hacer rotaciones. Con esta base de indicadores emergéticos surgieron algunas combinaciones de cultivos más eficientes (en terminos de uso y retorno de emergía) que otras, a continuación se plantean algunas propuestas en orden de prioridad: 1) Mv-Ta, 2) Mv-S2 y 3) S-Mi. El Mv aparece en las propuestas 1 y 2 como cultivo estival; en la tercera propuesta se sugiere la S como alternativa al Mv. La mejor opción para el invierno fue Ta y las demás rotaciones de “invierno” se presentaron como alternativa de manera de no repetir los mismos cultivos cada año. Las combinaciones o rotaciones propuestas aquí tienen una base energética aunque la decisión final debería incluir otros ejes importantes a tener en cuenta como 1) el rendimiento económico, 2) las posibilidades de adoptar un manejo agronómico particular o 3) consideraciones acerca del uso de los recursos naturales como el suelo, que impone la necesidad de mantenerlo cubierto la mayor parte del año para prevenir la pérdida de materia orgánica por erosión. En este punto es importante remarcar que el estudio de los flujos de emergía representa un aporte complementario y muy útil en el análisis del desempeño de los agroecosistemas y que puede combinarse con medidas de retorno económico para la toma de decisiones sobre la viabilidad de los sistemas productivos a partir de una lógica apoyada en el funcionamiento real de los sistemas.

El análisis de los resultados del desempeño del sistema ganadero (GAN) lo muestra por debajo de PP en prácticamente todos los indicadores energéticos utilizados en este trabajo, en algunos casos con importantes diferencias y en otros no. A partir de esto, es natural cuestionar el motivo por el cual estos sistemas ganaderos (GAN) están avanzando en la zona de estudio, sin presentar un desempeño económico (por unidad de superficie) ni biofísico superior a los sistemas tradicionales bajo monte. Múltiples factores podrían estar influenciando, entre ellos la escala de producción; si bien por unidad de superficie la productividad es menor, la GAN abarca de a miles de hectáreas, lo que en conjunto sería un negocio favorable dado la relativamente baja cantidad de empleados y el económico acceso a la tierra. Otro factor importante podrían ser las precipitaciones, teniendo en cuenta que los datos utilizados para realizar los cálculos corresponden a una campaña dentro de una serie de años secos, lo cual podría estar afectando en mayor medida a GAN que a PP, por ser sistemas que no están adaptados al clima local.

El análisis energético es sensible a cambios en la estructura de los sistemas, por lo cual sería factible encontrar diferencias en los indicadores dentro de cada sistema, en el caso de que, por ejemplo, cambie la tecnología, aparezcan procesos de degradación muy severos o cambien las condiciones ambientales. Por ello, esta metodología permite seguir trayectorias y consecuencias en estudios de largo plazo, y esto sería importante para determinar si existen tendencias de cambios en los indicadores de productividad y eficiencia en AG con el tiempo, o si los indicadores de los sistemas modernos (AG y GAN) progresan en mayor medida que los de PP bajo condiciones climáticas más favorables. Aunque un año con precipitaciones normales también mejoraría la calidad del forraje del monte, la disponibilidad de agua para los animales y permitiría a los PP hacer cultivos, tal vez estos sistemas sean menos variables.

## CONCLUSIÓN

- Los sistemas modernos de producción agropecuaria (AG y GAN) no fueron marcadamente superiores a los sistemas de producción local de pequeños productores (PP) en cuanto a productividad y eficiencia en el uso de la energía. Sin embargo, PP superó a los sistemas modernos en retorno energético, renovabilidad y sustentabilidad energética.
- PP es el sistema más apropiado en términos energéticos en comparación a los sistemas seleccionados, lo cual no significa necesariamente que sean sistemas ideales que no generan ningún tipo de presión o degradación ambiental. Los indicadores podrían ser más favorables sin la necesidad de un cambio radical en las formas de vida y producción.
- Esta metodología permite detallar en forma cuantitativa y cualitativa todos los flujos que permiten el funcionamiento de los sistemas, lo que la hace atractiva por la oportunidad de detectar posibilidades para mejorar los indicadores, corrigiendo o incorporando algunas prácticas puntuales.
- Estos resultados se obtuvieron en base a datos de una campaña en particular (2012-2013), y si bien son resultados importantes, sería interesante contar con un análisis de mayor escala temporal para tener una comprensión más profunda del funcionamiento de estos sistemas. Al igual que sería importante contar con mayor cantidad de repeticiones para AG.
- La agricultura es indispensable para nuestra sociedad, necesaria para nuestra alimentación y para nuestra economía como país con base agrícola-ganadera. Los sistemas agrícolas modernos son altamente productivos, generadores de riquezas y

divisas que luego se distribuyen a la sociedad en su conjunto. Sin dejar de reconocer esa fortaleza de la agricultura, es necesario discutir si es prioritaria y adecuada en determinadas regiones, y contemplar en las decisiones las consecuencias de realizar cambios ambientales y sociales tan importantes.

- Este abordaje emergético es una buena herramienta para profundizar e integrar con otros trabajos e indicadores, que permitan a los tomadores de decisiones hacer una lectura sobre el rumbo del modelo productivo y actuar con bases científicas cada vez más completas. Suma un aspecto más a tener en cuenta en un análisis multicriterio para la planificación del manejo de un sistema productivo, pero también de un ordenamiento territorial.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adámoli J., Ginzburg R., Torrella S. 2011. Escenarios productivos y ambientales del Chaco Argentino: 1977-2010. Grupo de Estudios de Sistemas Ecológicos en Ambientes Agrícolas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Agostinho F., Diniz G., Siche R., Ortega E. 2008. The use of emergy assessment and the Geographical Information System in the diagnosis of small family farms in Brazil. *Ecological Modelling*, vol. 210(1), pp. 37-57.
- Barral, M.P., Oscar, M.N., 2012. Land-use planning based on ecosystem service assessment: A case study in the Southeast Pampas of Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 154, 34-43.
- Beltrán Przekurat A., Pielke Sr R. A., Eastman J. L., Coughenour M. B. 2012. Modelling the effects of land use/land cover changes on the near surface atmosphere in southern South America. *International Journal of Climatology*, vol. 32(8), pp. 1206-1225.
- Benzi, P. 2013. Análisis integrado del consumo de bienes y servicios ecológicos y económicos en ecosistemas agrícolas pampeanos: el uso de la energía como indicador sistémico de sustentabilidad. (Tesis de maestría). Escuela para Graduados. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Benzi, P., Ferraro, D.O., 2012. Emergy assessment of cropping systems in the Pampa region, Argentina., 4TH Ecosummit 2012. *Ecological Sustainability: Restoring the Planet's Ecosystem Services*, Columbus, Ohio, EE.UU.
- Binimelis, R., Pengue, W., Monterroso, I. 2009. Transgenic treadmill: Responses to the emergence and spread of glyphosate-resistant johnsongrass in Argentina. *Geoforum* vol. 40, pp. 623-633.
- Boletta, P.E., Ravelo, A.C., Planchuelo, A.M., Grilli, M., 2006. Assessing deforestation in the Argentine Chaco. *Forest Ecology and Management* 228, 108-114.
- 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., 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., Buranakam V. 2003. Emergy indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 38 (1), pp. 1-22.
- Brown, M.T., Ulgiati, S., 2004. Energy quality, emergy, and transformity: H.T. Odum's contributions to quantifying and understanding systems. *Ecological Modelling* 178, 201-213.
- Brown, M.T., Ulgiati, S. 2004. Emergy Analysis and Environmental Accounting. *Eyclopedia of Energy*, Volume 2. Elsevier Inc.
- Brown M. T., Ulgiati S. 1999. Emergy evaluation of the biosphere and natural capital. *Ambio*, pp.486-493.
- Burkart, R., Bárbaro N.O., Sanchez R.O., Gómez R.A. 1999. Eco-regiones de la Argentina. Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. Buenos Aires.
- Callado M. G., & Albino J. C. T. 2012. Agro-ecological evaluation of tropical farming systems using

- emergy: in Rio de Janeiro–Brazil. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, vol. 24(4), pp. 361-370.
- Cavalett O., Queiroz J. F. D., Ortega E. 2006. Emergy assessment of integrated production systems of grains, pig and fish in small farms in the South Brazil. *Ecological Modelling*, vol. 193 (3), pp. 205-224.
- Ciuffoli L. 2013. Cambios en el uso del suelo y sus efectos sobre la materia orgánica edáfica en bosques semiáridos del Chaco argentino. (Tesis de licenciatura). Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Chen G. Q., Jiang M. M. Chen B., Yang Z.F. 2006. Emergy analysis of Chinese agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 115 , pp. 161–173.
- Daily, GC. 1997. *Nature's services*. Island Press, Washington, DC, pp 392.
- FAO.1985. *Latin America and the caribbean. Agroecological data*. Rome, Italy.
- Ferraro, D.O., Benzi, P., 2013. A long-term assessment of the emergy use in an Argentinean agroecosystem. 19th biennial ISEM Conference - Ecological Modelling for Ecosystem Sustainability in the context of Global Change, Toulouse, France.
- Ferraro D. 2011. Eficiencia energética y servicios ecosistémicos. En: Laterra P., Jobaggy E., Paruelo J.M. Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial. Buenos Aires: Ed. INTA, pp 221-235.
- Ferreira, C. 2001. Emergy perspectives on the Argentine economy and food production systems of the Rolling Pampas during the twentieth century Graduate School. University of Florida, Florida. EE.UU.
- Ferreira C. 2006. Emergy analysis of one century of agricultural production in the Rolling Pampas of Argentina. *International journal of agricultural resources, governance and ecology*, vol. 5(2), pp. 185-205.
- García Trujillo R. 2004. El uso de la Emergía en la evaluación de la sustentabilidad de sistemas ganaderos. En VI Congreso de la SEAE, Almería.
- Gasparri N.I. 2010. Efecto del cambio de uso de la tierra sobre la cobertura vegetal y dinámica de biomasa del chaco semiárido argentino. *Poblac. soc.* [online], vol.17, n.2, pp. 187-190. ISSN 1852-8562.
- Gasparri, N., Grau, H., Manghi, E., 2008. Carbon Pools and Emissions from Deforestation in Extra-Tropical Forests of Northern Argentina Between 1900 and 2005. *Ecosystems* 11, 1247-1261.
- Gavier-Pizarro, G.I., Calamari, N.C., Thompson, J.J., Canavelli, S.B., Solari, L.M., Decarre, J., Goijman, A.P., Suarez, R.P., Bernardos, J.N., Zaccagnini, M.E., 2012. 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* 154, 44-55.
- Giampietro M., Pimentel D. 1994. Energy utilization. *Encyclopedia of agricultural science*, vol. 2, pp. 63-76.
- Grau H., Gasparri N., Aide T.M. 2005. Agriculture expansion and deforestation in seasonally dry forests of north-west Argentina. *Environmental Conservation*, vol. 32, pp. 140-148.
- Guerschman, J.P., Paruelo, J.M., 2005. Agricultural impacts on ecosystem functioning in temperate

- areas of North and South America. *Global and Planetary Change* 47, 170-180.
- Guzmán A., Abt M., Brassiolo M. 2012. Tipificación de las estrategias de uso del bosque por pequeños productores campesinos en Santiago del Estero. *Quebracho (Santiago del Estero)*, vol. 20(1), pp.39-48.
- INDEC. 2002. Censo Nacional Agropecuario (CNA).
- INDEC. 2008. Censo nacional Agropecuario (CNA).
- 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.
- Lubowski R. N., Bucholtz S., Claassen R., Roberts M. J., Cooper J. C., Gueorguieva A., Johansson, R. 2006. Environmental effects of agricultural land-use change. Washington, DC, USA: US Department of Agriculture, Economic Research Service.
- Manuel-Navarrete, D., Gallopín, G., Blanco, M., Díaz-Zorita, M., Ferraro, D., Herzer, H., Laterra, P., Murmis, M., Podestá, G., Rabinovich, J., Satorre, E., Torres, F., Viglizzo, E., 2009. Multi-causal and integrated assessment of sustainability: the case of agriculturization in the Argentine Pampas. *Environment, Development and Sustainability*, vol. 11, pp. 612-638.
- Martin J. F., Diemont S. A., 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 & environment*, vol. 115(1), pp. 128-140.
- Martínez M. L., Pérez-Maqueo O., Vázquez G., Castillo-Campos G., García-Franco J., Mehlreter K., Equihua M., Landgrave, R. 2009. Effects of land use change on biodiversity and ecosystem services in tropical montane cloud forests of Mexico. *Forest Ecology and Management*, vol. 258(9), pp. 1856-1863.
- Montenegro C., Gasparri I., Manghi E., Strada M., Bono J., Parmuchi M. G. 2004. Informe sobre deforestación en Argentina. Dirección de Bosques. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.
- Morello J., Matteucci S., Rodríguez A. F., Silva M. E. 2012. Ecorregiones y complejos ecosistémicos argentinos. *ORIENTACIÓN GRÁFICA EDITORA*. 752 pp.
- Moricz M., Cittadini R., Barth I., Barreda M. 2011. Servicios ecosistémicos y cuestión ambiental. Reflexiones a partir de la implementación de Bosques Nativos. En: Laterra P., Jobaggy E., Paruelo J.M. Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial. Buenos Aires: Ed. INTA, pp 349-358.
- Nobre C. A., Piers J.S, Jagadish S.1991: Amazonian Deforestation and Regional Climate Change. *J. Climate*, vol. 4, pp. 957-988.
- Obschatko E., Foti M. D. P., Román M. 2006. Los pequeños productores en la República Argentina. Importancia en la producción agropecuaria y en el empleo en base al Censo Nacional Agropecuario 2002. Serie estudios e investigaciones.
- Observatorio Ganadero. 2013. Caracterización regional: Noroeste Argentino. Observatorio de la Cadena de la Carne Bovina de Argentina, Informe N°3. Buenos Aires, Argentina. 14 pp.
- Odum, H.T., Brown, M.T., Brandt-Williams S.L. 2000. Handbook of Emergy Evaluation: Introduction and Global Budget. Folio 1. Center of Environmental Policy, University of Florida, Gainesville

- Odum, H.T. 2000. Handbook of Emergy Evaluation: A Compendium of Data for Emergy Computation Issued In a Series of Folios. Folio 2. Emergy of Global Processes. Gainesville, Florida, USA.
- Odum, H.T., 1996. Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making. John Wiley and Sons, New York.
- Odum, E.P., 1984. Properties of Agroecosystems. In: Lowrance, R., Stinner, B.R., House, G.J. (Eds.), Agricultural Ecosystems. Unifying Concepts. John Wiley and Sons, pp. 5-11.
- Ortega, E., 2000. Handbook of Emergy Calculations. Sao Paulo, Brazil.
- Ortega, E., Miller, M., Anami, M.H., Ccopa, E., Beskow, P.R., Margarido, L.A., Guimarães, A.K 2002. Manual de Cálculo. Disponible en: <http://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/manual.htm>
- Orúe, M. E., Laterra, P., & Cabria, F. 2007. Expansión de la frontera agrícola en Argentina y erosión hídrica: mapas de riesgo utilizando el Modelo Usle con apoyo de SIG. In XII Congreso de Asociación Española de Teledetección. Mar del Plata, pp. 19-21.
- Paruelo, J. M., Oesterheld, M., Del Pino, F., Guerschmann, J. P., Verón, S. R., Piñeiro Guerra, G., ... & Durante, M. 2004. Patrones Espaciales y Temporales de la Expansión de Soja en Argentina: Relación con Factores Socio-Económicos y Ambientales. Informe final LART/FAUBA al Banco Mundial.
- Paruelo J.M et al. 2011a. Elementos conceptuales y metodológicos para la Evaluación de Impactos Ambientales Acumulativos (EIAAc) en bosques subtropicales: El caso del este de Salta, Argentina. Ecol. austral, vol.21 (2), pp. 163-178.
- Paruelo J.M., Alcaraz-Segura D., Volante J.N. 2011b. El seguimiento del nivel de provision de los servicios ecosistémicos. En: Laterra P., Jobaggy E., Paruelo J.M. Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial. Buenos Aires: Ed. INTA, pp 141-160.
- PEA2. 2011. Plan Estratégico Agroalimentario y Agroindustrial participativo y federal 2010-2020. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Presidencia de la Nación.
- Pielke R.A. 2005. Land use and climate change. Science, vol. 310, pp. 1625–1626.
- 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.
- Pulselli, F.M., Coscieme, L., Bastianoni, S. 2011. Ecosystem services as a counterpart of emergy flows to ecosystems. Ecol. Modell., Vol. 222, pp. 2924-2928.
- Qaim M., Traxler G. 2005. Roundup Ready soybeans in Argentina: farm level and aggregate welfare effects. Agricultural Economics vol. 32, pp. 73-86.
- Rótolo G. C., Rydberg T., Lieblein G., Francis C. 2007. Emergy evaluation of grazing cattle in Argentina's Pampas. Agriculture, ecosystems & environment, vol. 119(3), pp. 383-395.
- Rótolo G.C & Francis Ch.A. 2008. Los servicios ecosistémicos en el “corazón” agrícola de Argentina. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Publicación miscelánea N° 44 EEA Oliveros.

- Sakai R., Fitzjarrald D., Moraes O., Staebler R., Acevedo O., Czikowsky M., da Silva R., Brait E., Miranda V. 2004. Land-use effects on local energy, water and carbon balances in an Amazonian agricultural field. *Global Change Biol*, vol. 10(5), pp. 895–907.
- Sanzano G. A., Corbella R. D., García J. R., Fadda G. S. 2005. Degradación física y química de un Haplustol típico bajo distintos sistemas de manejo de suelo. *Ciencia del suelo*, vol. 23(1), pp. 93-100.
- Scienceman D. M. 1987. Energy and emergy. En: G. Pillet and T. Murota. Roland Leimgruber, Geneva, pp. 257-276.
- Scotta E. S., Nani L. A., Conde A. A., Rojas A., Castañeira H., & Papparotti, O. 1986. Manual de sistematización de tierras para control de erosión hídrica y aguas superficiales excedentes. INTA.
- Seghezzo L., Volante J.N., Paruelo J.M., Somma D.J., Buliubasich E.C., Rodríguez H.E., Gagnon S., Hufty M. 2011. Native Forests and Agriculture in Salta (Argentina). *The Journal of Environment & Development*, vol. 20 (3), pp. 251-277.
- Torrella S. & Adámoli, J. 2006. Situación ambiental de la ecorregión del Chaco Seco. En: La situación ambiental Argentina 2005, pp. 73-100.
- Tsakoumagkos, Soverna y Craviotti. 2000. Campesinos y pequeños productores en las regiones agroeconómicas de la Argentina. PROINDER, Serie Estudios de Formulación N° 2, Buenos Aires.
- Trigo E., Cap, E., 2003. The impact of the introduction of transgenic crops in Argentinean agriculture. *AgBioForum* 6, 87–94.
- Trivi N., Palacios P. 2011. Aportes para la definición de una cuestión agraria en el norte sanluiseño. La visión de la Asociación de Campesinos del Valle del Conlara. V (quinto) Seminario-Taller "Sistemas Agroalimentarios Localizados (SIAL) y Transformaciones Territoriales de los Espacios Rurales" Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales - UNLP - La Plata 29 y 30 de agosto de 2011.
- UMSEF (Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal), Dirección de Bosques de la Nación. 2012. Monitoreo de la superficie de bosque nativo de la República Argentina. Período 2006-2011. Regiones forestales Parque chaqueño, Selva Misionera y Selva Tucumano Boliviana.
- Vallejos, M., Bustamante L., Volante JN, Vale L., Ferreyra EB, Huykman N, Arpigiani D.,...Paruelo JM. Descripción de la evolución de desmontes en la región del Chaco Semiárido Sudamericano. 25° Reunión Argentina de Ecología. RAE 2012. Univ. Nac. de Luján, Buenos Aires. 24 al 28 sep. 2012. <http://www.rae2012.com.ar/>
- Viglizzo E.F. 1983. Productividad y estabilidad productiva de distintos ecosistemas de la región pampeana subhúmeda y semiárida. *Revista Agrarius*, vol. 1, pp. 4-15.
- Viglizzo E. F., F. Lértora A. J. Pordomingo J.N. Bernardos Z. E. Roberto, and H. Del Valle. 2001. Ecological lessons and applications from one century of low external-input farming in the pampas of Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 83 (1-2), pp. 65-81.
- Viglizzo E. F., Jobágy E. 2010. Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

- Viglizzo E. F., Frank F., Carreño L. V., Jobbagy E. G., Pereyra H., Clattz J., Pincé, D., and Ricardz M. F. 2011a. Ecological and environmental footprint of 50 years of agricultural expansion in Argentina. *Global Change Biology*, vol.17, pp. 959–973.
- Viglizzo E.F, Carreño L.V., Volante J., Mosciaro M.J. 2011b. Valuación de bienes y servicios ecosistémicos:¿Verdad objetiva o cuento de la buena pipa?. En: Laterra P., Jobaggy E., Paruelo J.M. Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial. Buenos Aires: Ed. INTA, pp 17-36.
- Viglizzo E.F., Ricard M.F., Jobbágy E.G., Frank F.C., Carreño L.V. 2011. Assessing the cross-scale impact of 50 years of agricultural transformation in Argentina. *Field Crops Research* 124, pp. 186-194.
- Volante J. N., Bianchi A. R., Paoli H. P. 2004. Monitoreo de Cultivos Extensivos del Noroeste Argentino a Partir de Sensores Remotos. Campaña agrícola 2003-2004 (Cultivos de verano). INTA EEA Salta.
- Zak, M.R., Cabido, M., Hodgson, J.G., 2004. Do subtropical seasonal forests in the Gran Chaco, Argentina, have a future? *Biological Conservation* 120, 589-598.

## ANEXO

### Sistemas tradicionales ganaderos bajo monte - Pequeños Productores (PP) del NO

#### Santiago del Estero

Tabla 1. Tabla de evaluación emergéctica correspondiente a un Pequeño Productor (PP1) del NO de Santiago del Estero.

| Origen                          | Nota | Item                       | Unidad | Data<br>(unidad/ha.año) | Transformidad<br>(sej/unidad) | EMERGIA<br>(sej/ha.año) | % de la<br>EMERGIA<br>total |
|---------------------------------|------|----------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| <b>Recursos Renovables R</b>    |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 1    | Radiación Solar            | J      | 4,75E+13                | 1,00E+00                      | 4,75E+13                | 1,841                       |
| Natural                         | 2    | Lluvia                     | J      | 3,34E+10                | 3,10E+04                      | 1,04E+15                | 40,079                      |
| Natural                         | 3    | Viento                     | J      | 5,34E+08                | 3,10E+04                      | 1,31E+12                | 0,051                       |
| Natural                         | 4    | Ciclo de la tierra         | J      | 1,00E+10                | 1,20E+04                      | 1,20E+14                | 4,646                       |
| Natural                         | 5    | Labor familiar             | Hs     | 1,10E+02                | 6,99E+012                     | 7,69E+014               | 29,768                      |
| Natural                         | 6    | Recursos forestales        | kg     | 1,78E+03                | 3,90E+011                     | 6,93E+014               | 26,816                      |
| Natural                         | 7    | Agua para consumo animal   | Lt     | 5,10E+03                | 1,54E+009                     | 7,88E+012               | 0,305                       |
| <b>Recursos No Renovables N</b> |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 8    | Pérdida neta de suelo      | J      | 3,72E+08                | 7,24E+04                      | 2,70E+13                | 1,044                       |
| Natural                         | 9    | Agua para consumo animal   | Lt     | 5,10E+03                | 1,54E+09                      | 7,88E+12                | 0,305                       |
| <b>Materiales M</b>             |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        | 10   | Combustibles y lubricantes | J      | 1,73E+08                | 1,11E+05                      | 1,92E+13                | 0,742                       |
| Comprado                        | 11   | Maquinaria                 | kg     | 6,79E-02                | 1,13E+13                      | 7,64E+11                | 0,030                       |
| Comprado                        | 12   | Bebederos                  | gr     | 2,67E+03                | 1,54E+09                      | 4,11E+12                | 0,159                       |
| Comprado                        | 13   | Reemplazo de toros         | J      | 1,05E+07                | 1,07E+06                      | 1,12E+13                | 0,435                       |
| Comprado                        | 14   | Sanidad animal             | US\$   | 7,58E+00                | 1,08E+12                      | 8,19E+12                | 0,317                       |
| <b>Productos</b>                |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
|                                 | 15   | Carne                      | J      | 7,41E+08                |                               |                         |                             |
|                                 | 16   | Queso, quesillo            | J      | 2,81E+08                |                               |                         |                             |
|                                 | 17   | Postes                     | J      | 1,11E+10                |                               |                         |                             |
|                                 | 18   | Leña                       | J      | 2,31E+10                |                               |                         |                             |
|                                 | 19   | Reemplazo animales         | J      | 2,47E+08                |                               |                         |                             |

**1 Radiación solar:** *Energía recibida sobre la superficie= Superficie del área \* Radiación anual \* (1-albedo).* Radiación diaria promedio= 16,28 MJ/m<sup>2</sup>.día (FAO, 1985); Superficie del área= 10000 m<sup>2</sup>; 1 MJ= 1000000 J. *Energía recibida sobre la superficie= 16,28 MJ/m<sup>2</sup>.día \* 365 días/año \* 10000m<sup>2</sup>/ha \* 1000000 J/MJ \* (1-0,2)* (Albedo=20% expresado en decimal)= 4,75E+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.* Superficie del área= 10000 m<sup>2</sup>; Precipitación media anual= 0,676 m/año (TRMM); 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= 10000 m<sup>2</sup>/ha\*0,676 m/año\*1000 kg/m<sup>3</sup>\*4940 J/Kg= 3,34E+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 media a 2 m de altura= 1,3 m/s (FAO, 1985); Superficie= 10000 m<sup>2</sup>; Densidad del aire= 1,3 kg/m<sup>3</sup>; Coeficiente dragg= 0,001 (adimensional). *Energía cinética del viento= 1,3 m/s \* 3,16E+07 s/año \* 10000 m<sup>2</sup>/ha \* 1,3 kg/m<sup>3</sup>= 5,34E+08 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**4 Ciclo de la Tierra:** *Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra= Superficie \* flujo de calor para áreas estables.* Superficie=10000 m<sup>2</sup>; Flujo de calor para áreas estables= 1,00E+06 J/m<sup>2</sup>.año (Odum, 1996). *Ciclo de*

la tierra-calor profundo de la tierra=  $10000 \text{ m}^2/\text{ha} * 1,00\text{E}+06 \text{ J}/\text{m}^2.\text{año}=1,00\text{E}+10 \text{ J}/\text{ha}.\text{año}$ . Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**5 Labor familiar:** *Energía proveniente de mano de obra familiar= (N° integrantes \* Hs trabajadas por día \* días a la semana \* semanas al mes \* meses al año)/ superficie del predio= (5 personas \* 5 hs/día \* 5 días/semana \* 4 semanas/mes \* 11 meses/año)/ 50ha= 110 hs/ha.año*. Referencia del valor de transformidad: Martin *et al.*, 2006.

**6 Recursos Forestales:** *Energía necesaria para la formación de recursos forestales=cantidad de recursos extraídos/superficie utilizada= (88800 kg/año)/50ha= 1776 kg/ha\*año*. Referencia del valor de transformidad: Ortega *et al.*, 2002.

**7 Agua para consumo animal:** *Consumo de agua = 5,01 E+03 lt/ha.año*. Referencia del valor de transformidad: Martin *et al.*, 2006.

**8 Pérdida de suelo:** *Pérdida de energía por erosión= tasa de erosión \* superficie \* %materia orgánica del suelo \* contenido energético de la materia orgánica*. Tasa de erosión= 709,8 Kg/ha.año (Orúe *et al.*, 2007; Scotta *et al.*, 1986); Superficie=1 ha; % de materia orgánica del suelo= 2,32 (Ciuffoli, 2013); Contenido energético de la materia orgánica= 5400 Kcal/kg (Odum, 1996). *Pérdida de energía por erosión= 709,8 Kg/ha.año \* 0,0232 \* 5400Kcal/Kg \* 4186,8 J/Kcal= 3,72E+08 J/ha.año*. Referencia del valor de transformidad: Odum *et al.*, 2000.

**9 Agua para consumo animal:** *Consumo de agua = 5,01 E+03 lt/ha.año*. Referencia del valor de transformidad: Martin *et al.*, 2006.

**10 Combustibles y lubricantes:** *Consumo anual de combustible= consumo total (combustibles + lubricantes) \* contenido energético= Herramienta \* litros consumidos/ha*.

Herramientas: Bomba= 3,6 lt/ha; Motocierra= 0,6154 lt/ha. Total= 4,21 lt/ha.año

Consumo de lubricantes (%12 del combustible)= 4,21 lt/ha.año\*0,12= 0,50 lt/ha.año

*Consumo anual de combustible= (4,21+0,50 lt/ha.año)\*3,66E+07 J/lt= 1,73E+08 J/ha.año*. Referencia del valor de transformidad: Odum *et al.*, 2002.

**11 Maquinaria:** *Peso de la maquinaria= Peso de la maquinaria/vida útil\*horas de trabajo por hectárea\*N° de labores por año*. Bomba= 0,05 tn / 9000 hs \* 9,6 hs/ha \* 1 \* 1000 kg/tn= 0,053 Kg/ha; Motocierra= 0,005 tn/ 11000 hs \* 32 hs/ha \* 1 \* 1000 kg/tn= 0,0145 Kg/ha. *Peso de la maquinaria= 0,053 Kg/ha + 0,0145 Kg/ha = 0,068 Kg/ha.año*. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**12 Bebederos:** *Energía utilizada para la construcción de bebederos= (peso \* n° de bebederos \* vida útil)/superficie del predio= (4000 kg/bebedero \* 1 bebedero \* 1000g/kg \* 30 años)/50ha= 2666,6 g/ha.año*. Referencia del valor de transformidad: Brown y Buranakam, 2003.

**13 Reemplazo de toros:** *[(N° animales incorporados \* peso del animal)/superficie del predio]/vida útil] \* contenido energético*. Energía utilizada en el reemplazo de animales=  $[(0,5 \text{ toro} * 550 \text{ kg/toro})/50\text{ha}/7\text{años}] * 13,36 \text{ MJ/kg} * 1000000 \text{ J/Mj}= 0,79 \text{ kg/ha/año} * 13,36 \text{ MJ/kg} * 1000000 \text{ J/Mj}= 1,05\text{E}+07 \text{ J/ha.año}$ . Referencia del valor de transformidad: Rótolo *et al.*, 2006.

**14 Gastos en sanidad animal:** *(Costo de cada vacuna \* N° de dosis anuales \* N° de animales)/superficie del predio= (1,58 US\$/vacuna \* 3 vacunas/ año \* 80)/50ha= 7,58 US\$/ha.año*. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**15 Carne:** *(Kg de carne producida por año/ superficie del predio) \* contenido energético= (2775 kg/año / 50 ha) \* 13,36 MJ/kg \* 1000000 J/Mj = 7,41E+08 J/ha.año*.

**16 Quesos y quesillos:** *(Producción anual/ superficie del predio) \* contenido energético del queso= (840 kg/año / 50ha) \* 4000 Kcal/kg \* 4186 J/Kcal = 2,81E+08 J/ha.año*.

**17 Postes:** *(N° de postes al año \* peso del poste \* contenido energético de la madera)/ superficie del predio= (480 postes/año \* 60 kg/poste \* 4600 Kcal/Kg \* 4186 J/Kcal)/50ha= 1,11E+10 J/ha.año*.

**18 Leña:** *(Cantidad de leña producida anualmente \* contenido energético de la leña) / superficie del predio= (60000 kg/año \* 4600 Kcal/kg (FAO, 1987) \* 4186 J/Kcal) / 50ha= 2,31E+10 J/ha.año*.

**19 Reemplazo de animales:** *(25% de la producción \* contenido energético) / superficie del predio= (925 kg/año \* 13,36 MJ/kg \* 1000000 J/Mj) / 50 ha = 2,47E+08 J/ha.año*.

**Energía recibida por la venta de productos:**  $282,8 \text{ US}\$/\text{ha.año} * 1,08\text{E}+12 \text{ sej}/\text{US}\$ = 3,05 \text{ E}+14 \text{ sej}/\text{ha.año}$ . Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

Tabla 2. Tabla de evaluación emergética correspondiente a un Pequeño Productor (PP2) del NO de Santiago del Estero.

| Origen                          | Nota | Item                       | Unidad | Data<br>(unidad/ha.año) | Transformidad<br>(sej/unidad) | EMERGIA<br>(sej/ha.año) | % de la<br>EMERGIA<br>total |
|---------------------------------|------|----------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| <b>Recursos Renovables R</b>    |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 1    | Radiación Solar            | J      | 4,75E+13                | 1,00E+00                      | 4,75E+13                | 4,116                       |
| Natural                         | 2    | Lluvia                     | J      | 3,34E+10                | 3,10E+04                      | 1,04E+15                | 89,632                      |
| Natural                         | 3    | Viento                     | J      | 5,34E+08                | 3,10E+04                      | 1,31E+12                | 0,113                       |
| Natural                         | 4    | Ciclo de la tierra         | J      | 1,00E+10                | 1,20E+04                      | 1,20E+14                | 10,390                      |
| Natural                         | 5    | Labor familiar             | hs     | 4,40E+00                | 6,99E+12                      | 3,08E+13                | 2,663                       |
| Natural                         | 6    | Agua para consumo animal   | lt     | 7,68E+03                | 1,54E+09                      | 1,19E+13                | 1,028                       |
| <b>Recursos No Renovables N</b> |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 7    | Pérdida neta de suelo      | J      | 3,72E+08                | 7,24E+04                      | 2,70E+13                | 2,334                       |
| Natural                         | 8    | Agua para consumo animal   | lt     | 7,68E+03                | 1,54E+09                      | 1,19E+13                | 1,028                       |
| <b>Materiales M</b>             |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        | 9    | Combustibles y lubricantes | J      | 1,50E+08                | 1,11E+05                      | 1,66E+13                | 1,436                       |
| Comprado                        | 10   | Maquinaria                 | kg     | 2,03E-02                | 1,13E+13                      | 2,28E+11                | 0,020                       |
| Comprado                        | 11   | Bebederos                  | g      | 6,67E+02                | 1,54E+09                      | 1,03E+12                | 0,089                       |
| Comprado                        | 12   | Reemplazo de toros         | J      | 5,25E+06                | 1,07E+06                      | 5,62E+12                | 0,486                       |
| Comprado                        | 13   | Sanidad animal             | US\$   | 5,21E+00                | 1,08E+12                      | 5,63E+12                | 0,487                       |
| Comprado                        | 14   | Suplemento Dietario        | US\$   | 4,74E+00                | 1,08E+12                      | 9,21E+12                | 0,797                       |
| <b>Productos</b>                |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
|                                 | 15   | Carne                      | J      | 9,70E+08                |                               |                         |                             |
|                                 | 16   | Queso, quesillo            | J      | 8,54E+07                |                               |                         |                             |
|                                 | 17   | Reemplazo animales         | J      | 3,21E+08                |                               |                         |                             |

**1 Radiación solar:** *Energía recibida sobre la superficie= Superficie del área \* Radiación anual \* (1-albedo).* Radiación diaria promedio= 16,28 MJ/m<sup>2</sup>.día (FAO, 1985); Superficie del área= 10000 m<sup>2</sup>; 1 MJ= 1000000 J. *Energía recibida sobre la superficie= 16,28 MJ/m<sup>2</sup>.día \* 365 días/año \* 10000m<sup>2</sup>/ha \* 1000000 J/MJ \* (1-0,2) (Albedo=20% expresado en decimal)= 4,75E+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.* Superficie del área= 10000 m<sup>2</sup>; Precipitación media anual= 0,676 m/año (TRMM); 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= 10000 m<sup>2</sup>/ha\*0,676 m/año\*1000 kg/m<sup>3</sup>\*4940 J/Kg= 3,34E+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 media a 2 m de altura= 1,3 m/s (FAO, 1985); Superficie= 10000 m<sup>2</sup>; Densidad del aire= 1,3 kg/m<sup>3</sup>; Coeficiente dragg= 0,001 (adimensional). *Energía cinética del viento= 1,3 m/s \* 3,16E+07 s/año \* 10000 m<sup>2</sup>/ha \* 1,3 kg/m<sup>3</sup>= 5,34E+08 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**4 Ciclo de la Tierra:** *Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra= Superficie \* flujo de calor para áreas estables.* Superficie=10000 m<sup>2</sup>; Flujo de calor para áreas estables= 1,00E+06 J/m<sup>2</sup>.año (Odum, 1996). *Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra= 10000 m<sup>2</sup>/ha\*1,00E+06 J/m<sup>2</sup>.año=1,00E+10 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**5 Labor familiar:** *(Nº integrantes \* Hs trabajadas por día \* días a la semana \* semanas al mes \* meses al año)/ superficie del predio= (8 personas \* 5 hs/día \* 5 días/semana \* 4 semanas/mes \* 11 meses/año)/ 200ha= 4,4 hs/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Martin et al., 2006.

**6 Agua para consumo animal:** *Consumo de agua = 7,68 E+03 lt/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Martin et al., 2006.

**7 Pérdida de suelo:** *Pérdida de energía por erosión= tasa de erosión \* superficie \* %materia orgánica del suelo \* contenido energético de la materia orgánica.* Tasa de erosión= 709,8 Kg/ha.año (Orúe et al, 2007; Scotta et al., 1986); Superficie=1 ha; % de materia orgánica del suelo= 2,32 (Ciuffoli, 2013); Contenido energético de

la materia orgánica= 5400 Kcal/kg (Odum, 1996). *Pérdida de energía por erosión*= 709,8 Kg/ha.año \* 0,0232 \* 5400Kcal/Kg \* 4186,8 J/Kcal= 3,72E+08 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Odum *et al.*, 2000.

**8 Agua para consumo animal:** *Consumo de agua* = 7,68 E+03 lt/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Martín *et al.*, 2006.

**9 Combustibles y lubricantes:** *Consumo anual de combustible= consumo total (combustibles + lubricantes) \* contenido energético= Herramienta \* litros consumidos/ha.*

Herramientas: Bomba= 3,65 lt/ha.año

Consumo de lubricantes (% 12 del combustible)= 3,65 lt/ha.año\*0,12= 0,44 lt/ha.año

*Consumo anual de combustible*= (3,65+0,44 lt/ha.año)\*3,66E+07 J/lt= 1,50E+08 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Odum *et al.*, 2002.

**10 Maquinaria:** *Peso de la maquinaria= Peso de la maquinaria/vida útil\*horas de trabajo por hectárea\*Nº de labores por año.* Bomba= 0,05 tn / 9000 hs \* 3,65 hs/ha \* 1 \* 1000 kg/tn= 0.02 Kg/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**11 Bebederos:** *(peso \* nº de bebederos \* vida útil)/superficie del predio*= (4000 kg/bebedero \* 1 bebedero \* 1000g/kg \* 30 años)/200ha= 666,6 g/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Brown y Buranakam, 2003.

**12 Reemplazo de toros:** *[(Nº animales incorporados \* peso del animal)/superficie del predio]/vida útil \* contenido energético.* Energía utilizada en el reemplazo de animales= *[(1 toro \* 550 kg/toro)/200ha]/7años* \* 13,36 MJ/kg \* 1000000 J/Mj= 0,39 kg/ha/año \* 13,36 MJ/kg \* 1000000 J/Mj= 5,25E+06 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Rótolo *et al.*, 2006.

**13 Gastos en sanidad animal:** *(Costo de cada vacuna \* Nº de dosis anuales \* Nº de animales)/superficie del predio*= (1,58 US\$/vacuna \* 3 vacunas/ año \* 220)/200ha= 5,21 US\$/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**14 Suplemento dietario:** *Costo total= Costo de pasto + costo maíz*= 4,73 US\$/ha.año + 3,79 US\$/ha.año= 8,52 US\$/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**15 Carne:** *(Kg de carne producida por año/ superficie del predio) \* contenido energético*= (14520 kg/año / 200 ha) \* 13,36 MJ/kg \* 1000000 J/Mj = 9,70E+08 J/ha.año.

**16 Quesos y quesillos:** *(Producción anual/ superficie del predio) \* contenido energético del queso*= (1020 kg/año / 200ha) \* 4000 Kcal/kg \* 4186 J/Kcal = 8,54E+07 J/ha.año.

**17 Reemplazo de animales:** *(25% de la producción de novillos y lechones \* contenido energético+50% de la producción de pollos) / superficie del predio*= (4804,35 kg/año \* 13,36 MJ/kg \* 1000000 J/Mj) / 200 ha =3,21E+08 J/ha.año.

**Emergía recibida por la venta de productos:** 77,76 US\$/ha.año \* 1,08E+12 sej/US\$=8,40E+13 sej/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

Tabla 3. Tabla de evaluación emergética correspondiente a un Pequeño Productor (PP3) del NO de Santiago del Estero.

| Origen                          | Nota | Item                       | Unidad | Data<br>(unidad/ha.año) | Transformidad<br>(sej/unidad) | EMERGIA<br>(sej/ha.año) | % de la<br>EMERGIA<br>total |
|---------------------------------|------|----------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| <b>Recursos Renovables R</b>    |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 1    | Radiación Solar            | J      | 4,75E+13                | 1,00E+00                      | 4,75E+13                | 3,867                       |
| Natural                         | 2    | Lluvia                     | J      | 3,34E+10                | 3,10E+04                      | 1,04E+15                | 84,199                      |
| Natural                         | 3    | Viento                     | J      | 5,34E+08                | 3,10E+04                      | 1,31E+12                | 0,106                       |
| Natural                         | 4    | Ciclo de la tierra         | J      | 1,00E+10                | 1,20E+04                      | 1,20E+14                | 9,760                       |
| Natural                         | 5    | Labor familiar             | hs     | 5,50E+00                | 6,99E+12                      | 3,84E+13                | 3,127                       |
| Natural                         | 6    | Agua para consumo animal   | lt     | 5,48E+03                | 1,54E+09                      | 8,46E+12                | 0,688                       |
| Natural                         | 7    | Recursos Forestales        | kg     | 1,95E+02                | 3,90E+11                      | 7,61E+13                | 6,185                       |
| <b>Recursos No Renovables N</b> |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 8    | Pérdida neta de suelo      | J      | 3,72E+08                | 7,24E+04                      | 2,70E+13                | 2,192                       |
| Natural                         | 9    | Agua para consumo animal   | lt     | 5,48E+03                | 1,54E+09                      | 8,46E+12                | 0,688                       |
| <b>Materiales M</b>             |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        | 10   | Combustibles y lubricantes | J      | 1,50E+08                | 1,11E+05                      | 1,66E+13                | 1,349                       |
| Comprado                        | 11   | Maquinaria                 | kg     | 2,03E-02                | 1,13E+13                      | 2,28E+11                | 0,019                       |
| Comprado                        | 12   | Bebedores                  | g      | 6,67E+02                | 1,54E+09                      | 1,03E+12                | 0,084                       |
| Comprado                        | 13   | Reemplazo de toros         | J      | 5,25E+06                | 1,07E+06                      | 5,62E+12                | 0,457                       |
| Comprado                        | 14   | Sanidad animal             | US\$   | 5,21E+00                | 1,08E+12                      | 5,63E+12                | 0,458                       |
| Comprado                        | 15   | Suplemento Dietario        | US\$   | 2,37E+00                | 1,08E+12                      | 6,82E+12                | 0,555                       |
| <b>Productos</b>                |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
|                                 | 16   | Carne                      | J      | 6,06E+08                |                               |                         |                             |
|                                 | 17   | Queso, quesillo            | J      | 1,18E+08                |                               |                         |                             |
|                                 | 18   | Postes                     | J      | 2,31E+09                |                               |                         |                             |
|                                 | 19   | Carbón                     | J      | 2,35E+09                |                               |                         |                             |
|                                 | 20   | Huevos                     | J      | 1,17E+07                |                               |                         |                             |
|                                 | 21   | Reemplazo animales         | J      | 2,01E+08                |                               |                         |                             |

**1 Radiación solar:** *Energía recibida sobre la superficie= Superficie del área \* Radiación anual \* (1-albedo).* Radiación diaria promedio= 16,28 MJ/m<sup>2</sup>.día (FAO, 1985); Superficie del área= 10000 m<sup>2</sup>; 1 MJ= 1000000 J. *Energía recibida sobre la superficie= 16,28 MJ/m<sup>2</sup>.día \* 365 días/año \* 10000m<sup>2</sup>/ha \* 1000000 J/MJ \* (1-0,2) (Albedo=20% expresado en decimal)= 4,75E+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.* Superficie del área= 10000 m<sup>2</sup>; Precipitación media anual= 0,676 m/año (TRMM); 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= 10000 m<sup>2</sup>/ha\*0,676 m/año\*1000 kg/m<sup>3</sup>\*4940 J/Kg= 3,34E+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 media a 2 m de altura= 1,3 m/s (FAO, 1985); Superficie= 10000 m<sup>2</sup>; Densidad del aire= 1,3 kg/m<sup>3</sup>; Coeficiente dragg= 0,001 (adimensional). *Energía cinética del viento= 1,3 m/s \* 3,16E+07 s/año \* 10000 m<sup>2</sup>/ha \* 1,3 kg/m<sup>3</sup>= 5,34E+08 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**4 Ciclo de la Tierra:** *Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra= Superficie \* flujo de calor para áreas estables.* Superficie=10000 m<sup>2</sup>; Flujo de calor para áreas estables= 1,00E+06 J/m<sup>2</sup>.año (Odum, 1996). *Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra= 10000 m<sup>2</sup>/ha\*1,00E+06 J/m<sup>2</sup>.año=1,00E+10 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**5 Labor familiar:** *(Nº integrantes \* Hs trabajadas por día \* días a la semana \* semanas al mes \* meses al año)/ superficie del predio= (10 personas \* 5 hs/día \* 5 días/semana \* 4 semanas/mes \* 11 meses/año)/ 200ha= 5,5 hs/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Martin *et al.*, 2006.

**6 Agua para consumo animal:** *Consumo de agua = 5,48E+03 lt/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Martin *et al.*, 2006.

**7 Recursos Forestales:** *Energía necesaria para la formación de recursos forestales=cantidad de recursos extraídos/superficie utilizada= (39000 kg/año)/200ha= 195 kg/ha\*año.* Referencia del valor de transformidad: Ortega *et al.*, 2002.

**8 Pérdida de suelo:** *Pérdida de energía por erosión= tasa de erosión \* superficie \* %materia orgánica del suelo \* contenido energético de la materia orgánica.* Tasa de erosión= 709,8 Kg/ha.año (Orúe *et al.*, 2007; Scotta *et al.*, 1986); Superficie=1 ha; % de materia orgánica del suelo= 2,32 (Ciuffoli, 2013); Contenido energético de la materia orgánica= 5400 Kcal/kg (Odum, 1996). *Pérdida de energía por erosión= 709,8 Kg/ha.año \* 0,0232 \* 5400Kcal/Kg \* 4186,8 J/Kcal= 3,72E+08 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum *et al.*, 2000.

**9 Agua para consumo animal:** *Consumo de agua = 5,48E+03 lt/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Martin *et al.*, 2006.

**10 Combustibles y lubricantes:** *Consumo anual de combustible= consumo total (combustibles + lubricantes) \* contenido energético= Herramienta \* litros consumidos/ha.*

Herramientas: Bomba= 3,65 lt/ha.

Consumo de lubricantes (%12 del combustible)= 3,65lt/ha.año\*0,12= 0,44 lt/ha.año

*Consumo anual de combustible= (3,65+0,44 lt/ha.año)\*3,66E+07 J/lt= 1,50E+08 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum *et al.*, 2002.

**11 Maquinaria:** *Peso de la maquinaria= Peso de la maquinaria/vida útil\*horas de trabajo por hectárea\*Nº de labores por año.* Bomba= 0,05 tn / 9000 hs \* 3,65 hs/ha \* 1 \* 1000 kg/tn= 0,02 Kg/ha. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**12 Bebederos:** *(peso \* nº de bebederos \* vida útil)/superficie del predio= (4000 kg/bebedero \* 1 bebedero \* 1000g/kg \* 30 años)/200ha= 666,6 g/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Brown y Buranakam, 2003.

**13 Reemplazo de toros:** *[(Nº animales incorporados \* peso del animal)/superficie del predio]/vida útil] \* contenido energético.* Energía utilizada en el reemplazo de animales= *[(1 toro \* 550 kg/toro)/200ha/7años] \* 13,36 Mj/kg \* 1000000 J/Mj= 0,39 kg/ha/año \* 13,36 Mj/kg \* 1000000 J/Mj= 5,25E+06 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Rótolo *et al.*, 2006.

**14 Gastos en sanidad animal:** *(Costo de cada vacuna \* Nº de dosis anuales \* Nº de animales)/superficie del predio= (1,58 US\$/vacuna \* 3 vacunas/ año \* 220)/200ha= 5,21 US\$/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**15 Suplemento dietario:** *Costo total= Costo de pasto + costo maíz= 4,37 US\$/ha.año + 3,95 US\$/ha.año= 6,31 US\$/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**16 Carne:** *(Kg de carne producida por año/ superficie del predio) \* contenido energético= (9075 kg/año / 200 ha) \* 13,36 Mj/kg \* 1000000 J/Mj = 6,06E+08 J/ha.año.*

**17 Quesos y quesillos:** *(Producción anual/ superficie del predio) \* contenido energético del queso= (1410 kg/año / 200ha) \* 4000 Kcal/kg \* 4186 J/Kcal = 1,18E+08 J/ha.año.*

**18 Postes:** *(Nº de postes al año \* peso del poste \* contenido energético de la madera)/ superficie del predio= (400 postes/año \* 60 kg/poste \* 4600 Kcal/Kg \* 4186 J/Kcal)/50ha= 2,31E+09 J/ha.año.*

**19 Carbón:** *(Cantidad de carbón producido anualmente \* contenido energético del carbón) / superficie del predio= (15000 kg/año \* 7500 Kcal/kg (FAO, 1987) \* 4186 J/Kcal) / 200ha= 2,35E+09 J/ha.año.*

**20 Huevos:** *(Producción anual de huevos \* contenido energético del huevo)/sup. Del predio= (7000 huevos/año \* 80 kcal/huevo \* 4186 J/Kcal)/ 200ha= 1,17E+07 J/ha.año.*

**21 Reemplazo de animales:** *(25% de la producción de novillos, lechones y cabritos \* contenido energético+50% de la producción de pollos) / superficie del predio= (3030,3 kg/año \* 13,36 Mj/kg \* 1000000 J/Mj) / 200 ha=2,01E+08 J/ha.año.*

**Energía recibida por la venta de productos:** 105,8 US\$/ha.año \* 1,08E+12 sej/US\$=1,14E+14 sej/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

## Sistemas de Cultivos bajo riego (AG) - Grandes productores del SO de la provincia de Salta.

Tabla 4. Tabla de evaluación energética correspondiente a Maíz de verano bajo riego por aspersión, en el SE de la provincia de Salta.

| Origen                          | Nota | Item                       | Unidad | Data<br>(unidad/ha.año) | Transformidad<br>(sej/unidad) | EMERGIA<br>(sej/ha.año) | % de la<br>EMERGÍA<br>total |
|---------------------------------|------|----------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| <b>Recursos Renovables R</b>    |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 1    | Radiación Solar            | J      | 4,79E+13                | 1,00E+00                      | 4,79E+13                | 0,905                       |
| Natural                         | 2    | Lluvia                     | J      | 2,94E+10                | 3,10E+04                      | 9,11E+14                | 17,225                      |
| Natural                         | 3    | Viento                     | J      | 7,39E+08                | 2,45E+03                      | 1,81E+12                | 0,034                       |
| Natural                         | 4    | Ciclo de la tierra         | J      | 1,00E+10                | 1,20E+04                      | 1,20E+14                | 2,268                       |
| <b>Recursos No Renovables N</b> |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 5    | Pérdida neta de suelo      | J      | 4,72E+08                | 7,24E+04                      | 3,41E+13                | 0,645                       |
| Natural                         | 6    | Agua para riego            | lt     | 1,50E+06                | 1,54E+09                      | 2,32E+15                | 43,810                      |
| <b>Materiales M</b>             |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        | 7    | Semillas                   | kg     | 2,00E+01                | 1,47E+13                      | 2,94E+14                | 5,558                       |
| Comprado                        | 8    | Combustibles y lubricantes | J      | 2,71E+09                | 1,11E+05                      | 3,01E+14                | 5,685                       |
| Comprado                        | 9    | Maquinaria                 | kg     | 2,73E+01                | 1,13E+13                      | 3,08E+14                | 5,813                       |
| Comprado                        | 10   | Nitrógeno                  | kg     | 5,00E+01                | 6,38E+12                      | 3,19E+14                | 6,030                       |
| Comprado                        | 11   | Fósforo                    | kg     | 2,00E+01                | 4,60E+12                      | 9,20E+13                | 1,739                       |
| Comprado                        | 12   | Pesticidas                 | J      | 2,87E+09                | 6,60E+04                      | 1,90E+14                | 3,587                       |
| Comprado                        | 13   | Coadyuvantes               | J      | 1,43E+09                | 1,11E+05                      | 1,58E+14                | 2,990                       |
| <b>Labores y Servicios S</b>    |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        | 14   | Labores                    | US\$   | 1,47E+02                | 1,08E+12                      | 1,58E+14                | 2,995                       |
| Comprado                        | 15   | Servicios                  | US\$   | 1,26E+01                | 1,08E+12                      | 1,37E+13                | 0,258                       |
| Comprado                        | 16   | Impuestos                  | US\$   | 1,79E+02                | 1,08E+12                      | 1,94E+14                | 3,662                       |
| Comprado                        | 17   | Seguro social              | US\$   | 1,14E-01                | 1,08E+12                      | 1,23E+11                | 0,002                       |
| <b>Productos</b>                |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
|                                 | 18   | Maíz                       | J      | 9,80E+10                |                               |                         |                             |

**1 Radiación solar:** *Energía recibida sobre la superficie* = Superficie del área \* Radiación anual \* (1 - albedo). Radiación diaria promedio = 16,4 MJ/m<sup>2</sup>.día (FAO, 1985); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; 1 MJ = 1000000 J. *Energía recibida sobre la superficie* = 16,4 MJ/m<sup>2</sup>.día \* 365 días/año \* 10000 m<sup>2</sup>/ha \* 1000000 J/MJ \* (1 - 0,2) (Albedo = 20% expresado en decimal) = 4,79E+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. Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; Precipitación media anual = 0,595 m/año (mediciones locales por Agropecuaria Andorrana S.A); 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* = 10000 m<sup>2</sup>/ha \* 0,595 m/año \* 1000 kg/m<sup>3</sup> \* 4940 J/Kg = 2,94E+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 media a 2 m de altura = 1,8 m/s (FAO, 1985); Superficie = 10000 m<sup>2</sup>; Densidad del aire = 1,3 kg/m<sup>3</sup>; Coeficiente dragg = 0,001 (adimensional). *Energía cinética del viento* = 1,8 m/s \* 3,16E+07 s/año \* 10000 m<sup>2</sup>/ha \* 1,3 kg/m<sup>3</sup> = 7,39E+08 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**4 Ciclo de la Tierra:** *Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra* = Superficie \* flujo de calor para áreas estables. Superficie = 10000 m<sup>2</sup>; Flujo de calor para áreas estables = 1,00E+06 J/m<sup>2</sup>.año (Odum, 1996). *Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra* = 10000 m<sup>2</sup>/ha \* 1,00E+06 J/m<sup>2</sup>.año = 1,00E+10 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**5 Pérdida de suelo:** *Pérdida de energía por erosión= tasa de erosión \* %materia orgánica del suelo \* contenido energético de la materia orgánica.* Tasa de erosión= 1092 Kg/ha.año (Orúe et al, 2007; Scotta et al., 1986); Superficie=1 ha; % de materia orgánica del suelo=1,91 (Ciuffoli, 2013); Contenido energético de la materia orgánica= 5400 Kcal/kg (Odum, 1996). *Pérdida de energía por erosión= 1092 Kg/ha.año\*0,0191\*5400Kcal/Kg\*4186,8 J/Kcal= 4,72E+08 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**6 Agua para riego:** *Consumo de agua = 1500000 lt/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Martin et al., 2006.

**7 Semillas:** *Consumo anual de semillas= 20 kg/ha.año de semillas de maíz (transgénicas).* Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002.

**8 Combustibles y lubricantes:** *Consumo anual de combustible= consumo total (combustibles + lubricantes)\*contenido energético= Labor\*N° de labores realizadas\*litros consumidos/ha.*

Labores realizadas=Sembradora (sistema de siembra directa)(+ tractor)= 1\*9,81 lt/ha (Rathke et al., 2007); Pulverizadora terrestre (+ tractor)= 2\*8,045 lt/ha (Rathke et al., 2007); Aspensor= 1\*24,3 lt/ha (dato proporcionado por Agropecuaria Andorrana S.A.); Cosechadora (+ tractor)= 1\*15,961 lt/ha. Total= 66,16 lt/ha.año

Consumo de lubricantes (%12 del combustible)= 66,16 lt/ha.año\*0,12= 7,94 lt/ha.año

*Consumo anual de combustible= (66,16+7,94 lt/ha.año)\*3,66E+07 J/lt= 2,71E+09 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2002.

**9 Maquinaria:** *Peso de la maquinaria= Peso de la maquinaria/vida útil\*horas de trabajo por hectárea\*N° de labores por año.* Sembradora (sistema de siembra directa)(+ tractor)= 13,6 tn / 3000 hs \* 0,28 hs/ha \* 1 \* 1000 kg/tn= 1,2663 Kg/ha; Pulverizadora terrestre (+ tractor)= 10,7 tn/ 3000 hs \* 0.1 hs/ha \* 2 \* 1000 kg/tn= 0,7279 Kg/ha; Aspensor= 280 tn/24000 hs \* 2.14 hs/ha \* 1 \* 1000 kg/tn= 25 Kg/ha; Cosechadora (+ tractor)= 15.5 tn/ 12000 hs \* 0.25 hs/ha \* 1 \* 1000 kg/tn= 0,3229 kg/ha. *Peso de la maquinaria= 1,2663 Kg/ha + 0,7279 Kg/ha + 25 Kg/ha + 0,3229 kg/ha= 27,32 Kg/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**10 Nitrógeno:** *Consumo anual de nitrógeno= (100 kg/ha.año Urea granulada \* 0,46 (% N)) + (40 kg/ha.año fosfato monoamónico \* 0,1 (%N))= 50 kgN/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Brown & Ulgiati, 2004.

**11 Fósforo:** *Consumo anual de fósforo= 40 kg/ha.año fosfato monoamónico \* 0,5 (%P)= 20 kgP/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002.

**12 Pesticidas:** *Consumo anual de pesticidas= Producto (Kg/ha)\*Energía del producto (Mcal/kg).* Ultra Max= 1,52 kg/ha\*132,18 Mcal/kg (Ferraro, 2003)= 201,04 Mcal/ha; Atrazina 50= 3,321 kg/ha \* 123,1 Mcal/kg=408,8 Mcal/ha (Ferraro, 2003); Dual= 0,88 Kg/ha\*65,7 Mcal/kg (Ferraro, comunicación personal, 2013)=57,8 Mcal/ha; Clap= 0,0093 Kg/ha\*171 Mcal/kg (Ferraro, comunicación personal, 2013)=1,6 Mcal/ha; Cypermetrina 25= 0,096 kg/ha\*185,27 Mcal/kg (Ferraro, 2003)=17,8 Mcal/ha. *Consumo anual de pesticidas= 201,04 Mcal/ha + 408,8 Mcal/ha + 57,8 Mcal/ha + 1,6 Mcal/ha + 17,8 Mcal/ha= 687,05Mcal/ha.año.* *Energía total consumida en pesticidas= 687,05Mcal/ha.año \* 1,00E+06 cal/Mcal / 0,24 cal/J= 2,87E+09 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**13 Coadyuvante:** *Consumo anual de coadyuvante= Producto (Kg/ha)\*Energía del producto (Mcal/kg).* Aceite agrícola= 1,7 kg/ha \* 201 Mcal/kg (Ferraro, comunicación personal, 2013)= 340,9 Mcal/ha. *Energía total consumida en coadyuvante= 340,9 Mcal/ha \* 1,00E+06 cal/Mcal / 0,24 cal/J= 1,43E+09 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2002.

**14 Labores:** *Costo total de labores= n° de labores realizadas\*costo de labor*

*Costo de labores= Siembra (sistema de siembra directa)= 1 \* 43,86 US\$/ha.año= 43,86 US\$/ha.año; Pulverización= 2 \* 10,52 US\$/ha.año= 21,05 US\$/ha.año; Cosecha= 1 \* 63,33 US\$/ha.año= 63,33 US\$/ha.año; Trabajo= 1 \* 15,14 US\$/ha.año= 15,14 US\$/ha.año *Costo total de labores= 143,4 US\$/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.*

**15 Servicios:** *Costo por servicio de mantenimiento= 1 \* 12,65 US\$/ha.año= 12,65 US\$/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**16 Impuestos:** *Costo por pago de impuestos.* Inmobiliario= 2,45 US\$/ha.año; Retenciones= 150,9 US\$/ha.año; Canon riego= 2,23 US\$/ha.año. *Costo total en impuestos= 155,56 US\$/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**17 Seguro social:** *Costo por pago de seguro social= 0,114 US\$/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**18 Maíz:** *Energía del maíz= Rendimiento \* contenido energético= 5000 kg/ha.año \* 1,96E+07 J/Kg (Brandt-Williams, 2002)= 9,80E+10 J/ha.año.*

**Energía recibida por la venta de productos:** 877,20 US\$/ha.año \* 1,08E+12 sej/US\$=9,47E+14 sej/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

Tabla 5. Tabla de evaluación energética correspondiente a Trigo bajo riego por aspersión, en el SE de la provincia de Salta.

| Origen                          | Nota | Item                       | Unidad | Data<br>(unidad/ha.año) | Transformidad<br>(sej/unidad) | EMERGIÁ<br>(sej/ha.año) | % de la<br>EMERGIÁ<br>total |
|---------------------------------|------|----------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| <b>Recursos Renovables R</b>    |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 1    | Radiación Solar            | J      | 4,79E+13                | 1,00E+00                      | 4,79E+13                | 0,630                       |
| Natural                         | 2    | Lluvia                     | J      | 2,94E+10                | 3,10E+04                      | 9,11E+14                | 11,984                      |
| Natural                         | 3    | Viento                     | J      | 7,39E+08                | 2,45E+03                      | 1,81E+12                | 0,024                       |
| Natural                         | 4    | Ciclo de la tierra         | J      | 1,00E+10                | 1,20E+04                      | 1,20E+14                | 1,578                       |
| <b>Recursos No Renovables N</b> |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 5    | Pérdida neta de suelo      | J      | 3,88E+08                | 7,24E+04                      | 2,81E+13                | 0,370                       |
| Natural                         | 6    | Agua para riego            | lt     | 3,00E+06                | 1,54E+09                      | 4,63E+15                | 60,960                      |
| <b>Materiales M</b>             |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        | 7    | Semillas                   | kg     | 1,20E+02                | 1,47E+12                      | 1,76E+14                | 2,320                       |
| Comprado                        | 8    | Combustibles y lubricantes | J      | 3,37E+09                | 1,11E+05                      | 3,74E+14                | 4,917                       |
| Comprado                        | 9    | Maquinaria                 | kg     | 2,80E+01                | 1,13E+13                      | 3,16E+14                | 4,152                       |
| Comprado                        | 10   | Nitrógeno                  | kg     | 5,10E+01                | 6,38E+12                      | 3,25E+14                | 4,280                       |
| Comprado                        | 11   | Fósforo                    | kg     | 2,50E+01                | 4,60E+12                      | 1,15E+14                | 1,513                       |
| Comprado                        | 12   | Pesticidas                 | J      | 2,31E+09                | 6,60E+04                      | 1,53E+14                | 2,006                       |
| Comprado                        | 13   | Coadyuvantes               | J      | 1,34E+09                | 1,11E+05                      | 1,48E+14                | 1,950                       |
| <b>Labores y Servicios S</b>    |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        | 14   | Labores                    | US\$   | 1,84E+02                | 1,08E+12                      | 1,98E+14                | 2,608                       |
| Comprado                        | 15   | Servicios                  | US\$   | 1,26E+01                | 1,08E+12                      | 1,37E+13                | 0,180                       |
| Comprado                        | 16   | Impuestos                  | US\$   | 1,94E+02                | 1,08E+12                      | 2,10E+14                | 2,759                       |
| Comprado                        | 17   | Seguro social              | US\$   | 1,14E-01                | 1,08E+12                      | 1,23E+11                | 0,002                       |
| <b>Productos</b>                |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
|                                 | 18   | Trigo                      | J      | 3,59E+10                |                               |                         |                             |

**1 Radiación solar:** *Energía recibida sobre la superficie= Superficie del área\*Radiación anual\*(1-albedo). Radiación diaria promedio= 16,4 MJ/m2.día (FAO, 1985); Superficie del área= 10000 m2; 1 MJ= 1000000 J. Energía recibida sobre la superficie= 16,4 MJ/m2.día\*365 días/año\*10000m2/ha\*1000000 J/MJ\* (1-0,2) (Albedo=20% expresado en decimal)= 4,79E+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. Superficie del área= 10000 m2; Precipitación media anual= 0,595 m/año (mediciones locales por Agropecuaria Andorrana S.A); Densidad del agua=1000 kg/m3; Energía libre de Gibbs del agua de lluvia= 4940 J/Kg (Odum, 1996). Energía química de la lluvia= 10000 m2/ha\*0,595 m/año\*1000 kg/m3\*4940 J/Kg= 2,94E+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 media a 2 m de altura= 1,8 m/s (FAO, 1985); Superficie= 10000 m2; Densidad del aire= 1,3 kg/m3; Coeficiente dragg= 0,001 (adimensional). Energía cinética del viento= 1,8 m/s\*3,16E+07 s/año\*10000 m2/ha\*1,3 kg/m3= 7,39E+08 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.*

**4 Ciclo de la Tierra:** *Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra= Superficie\*flujo de calor para áreas estables.* Superficie=10000 m<sup>2</sup>; Flujo de calor para áreas estables= 1,00E+06 J/m<sup>2</sup>.año (Odum, 1996). *Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra= 10000 m<sup>2</sup>/ha\*1,00E+06 J/m<sup>2</sup>.año=1,00E+10 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**5 Pérdida de suelo:** *Pérdida de energía por erosión= tasa de erosión\*superficie\*%materia orgánica del suelo\*contenido energético de la materia orgánica.* Tasa de erosión= 899.5 Kg/ha.año (Orúe et al, 2007; Scotta et al., 1986); Superficie=1 ha; % de materia orgánica del suelo=1,91 (Ciuffoli, 2013); Contenido energético de la materia orgánica= 5400 Kcal/kg (Odum, 1996). *Pérdida de energía por erosión= 899.5 Kg/ha.año\*0,0191\*5400Kcal/Kg\*4186,8 J/Kcal= 3,88E+08 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**6 Agua para riego:** *Consumo de agua = 3000000 lt/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Martin et al., 2006.

**7 Semillas:** *Consumo anual de semillas = 120 kg/ha.año de semillas de trigo.* Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002.

**8 Combustibles y lubricantes:** *Consumo anual de combustible= consumo total (combustibles + lubricantes)\*contenido energético= Labor\*Nº de labores realizadas\*litros consumidos/ha* Labores realizadas=Sembradora (sistema de siembra directa)(+ tractor)= 1\*9,81 lt/ha (Rathke et al., 2007); Pulverizadora terrestre (+ tractor)= 4\*8,045 lt/ha (Rathke et al., 2007); Aspensor= 1\*24,3 lt/ha (dato proporcionado por Agropecuaria Andorrana S.A.); Cosechadora (+ tractor)= 1\*15,961 lt/ha. Total= 82,25 lt/ha.año

Consumo de lubricantes (%12 del combustible)= 82,25 lt/ha.año\*0,12= 9,87 lt/ha.año

*Consumo anual de combustible= (82,25+9.87 lt/ha.año)\*3,66E+07 J/lt= 3,37E+09 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2002.

**9 Maquinaria:** *Peso de la maquinaria= Peso de la maquinaria/vida útil\*horas de trabajo por hectárea\*Nº de labores por año.* Sembradora (sistema de siembra directa)(+ tractor)= 13,6 tn / 3000 hs \* 0,28 hs/ha \* 1 \* 1000 kg/tn= 1,2663 Kg/ha; Pulverizadora terrestre (+ tractor)= 10,7 tn/ 3000 hs \* 0.1 hs/ha \* 4 \* 1000 kg/tn= 1.4558 Kg/ha; Aspensor= 280 tn/ x 24000hs \* 2,14 hs/ha \* 1 \* 1000 kg/tn= 25 Kg/ha; Cosechadora (+ tractor)= 15.5 tn/ 12000 hs \* 0.25 hs/ha \* 1 \* 1000 kg/tn= 0,3229 kg/ha. *Peso de la maquinaria= 1,2663 Kg/ha + 1,4558 Kg/ha + 25 Kg/ha + 0,3229 kg/ha= 28,04 Kg/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**10 Nitrógeno:** *Consumo anual de nitrógeno= (100 kg/ha.año Urea granulada \* 0,46 (% N)) + (50 kg/ha.año fosfato monoamónico\* 0,1 (%N))= 51 kgN/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Brown & Ulgiati, 2004.

**11 Fósforo:** *Consumo anual de fósforo= 50 kg/ha.año fosfato monoamónico \* 0,5 (%P)= 25 kgP/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002.

**12 Pesticidas:** *Consumo anual de pesticidas= Producto (Kg/ha)\*Energía del producto (Mcal/kg).* Full II= 2,04 kg/ha\*150,78 Mcal/kg (Ferraro, 2003)= 307,59 Mcal/ha; Metsulfuron= 0,0097 kg/ha\*131,04 Mcal/kg (Ferraro, 2003)= 1,28 Mcal/ha; 2-4D= 1,05 kg/ha\*70,82 Mcal/kg (Ferraro, 2003)= 74,76 Mcal/ha; Folicur EW 250= 0,25 kg/ha\*159,5 Mcal/kg (Ferraro, 2003)= 39,87 Mcal/ha; Dimetoato 50% = 0,8 kg/ha\*143,9 Mcal/kg (Ferraro, 2003)= 115,48 Mcal/ha; Cypermetrina 25%= 0,072 kg/ha\*185,27 Mcal/kg (Ferraro, 2003)= 13,34 Mcal/ha. *Consumo anual de pesticidas=307,59 Mcal/ha + 1,28 Mcal/ha + 74,76 Mcal/ha + 39,87 Mcal/ha + 115,48 Mcal/ha + 13,34 Mcal/ha= 552,32 Mcal/ha.año.* *Energía total consumida en pesticidas= 552,32 Mcal/ha.año \* 1,00E+06 cal/Mcal / 0,24 cal/J= 2,31E+09 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**13 Coadyuvante:** *Consumo anual de coadyuvante= Producto (Kg/ha)\*Energía del producto (Mcal/kg).* Aceite agrícola= 1,59 kg/ha \* 201 Mcal/kg (Ferraro, comunicación personal, 2013)= 319,59 Mcal/ha. *Energía total consumida en coadyuvante= 319,59 Mcal/ha \* 1,00E+06 cal/Mcal / 0,24 cal/J= 1,34E+09 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2002.

**14 Labores:** *Costo total de labores= nº de labores realizadas\*costo de labor*

*Costo de labores= Siembra (sistema de siembra directa)= 1 \* 43,86 US\$/ha.año= 43,86 US\$/ha.año; Curado= 1 \* 1.23 US\$/ha.año= 1.23 US\$/ha.año; Pulverización= 3 \* 15,79 US\$/ha.año= 47,37 US\$/ha.año; Yomel= 1 \* 5,79 US\$/ha.año=5,79 US\$/ha.año; Cosecha= 1 \* 73,90 US\$/ha.año= 73,90 US\$/ha.año; Trabajo= 1 \* 18,47 US\$/ha.año= 18,47 US\$/ha.año. *Costo total de labores= 183,6 US\$/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.*

**15 Servicios:** *Costo por servicio de mantenimiento= 1 \* 12,65 US\$/ha.año= 12,65 US\$/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**16 Impuestos:** Costo por pago de impuestos. Inmobiliario= 2,45 US\$/ha.año; Retenciones= 188,8 US\$/ha.año; Canon riego= 2,96 US\$/ha.año. Costo total en impuestos= 194,2 US\$/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**17 Seguro social:** Costo por pago de seguro social= 0,114 US\$/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**18 Trigo:** Energía del Trigo= Rendimiento \* contenido energético= 2600 kg/ha.año \* 1,38E+07 J/Kg = 3,59E+10 J/ha.año.

**Emergía recibida por la venta de productos:** 821,05 US\$/ha.año \* 1,08E+12 sej/US\$=8,87E+14 sej/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

Tabla 6. Tabla de evaluación emergética correspondiente a Trigo bajo riego por gravedad, en el SE de la provincia de Salta.

| Origen                          | Nota | Item                       | Unidad | Data<br>(unidad/ha.año) | Transformidad<br>(sej/unidad) | EMERGIA<br>(sej/ha.año) | % de la<br>EMERGÍA<br>total |
|---------------------------------|------|----------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| <b>Recursos Renovables R</b>    |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 1    | Radiación Solar            | J      | 4,79E+13                | 1,00E+00                      | 4,79E+13                | 0,318                       |
| Natural                         | 2    | Lluvia                     | J      | 2,94E+10                | 3,10E+04                      | 9,11E+14                | 6,047                       |
| Natural                         | 3    | Viento                     | J      | 7,39E+08                | 2,45E+03                      | 1,81E+12                | 0,012                       |
| Natural                         | 4    | Ciclo de la tierra         | J      | 1,00E+10                | 1,20E+04                      | 1,20E+14                | 0,796                       |
| <b>Recursos No Renovables N</b> |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 5    | Pérdida neta de suelo      | J      | 3,88E+08                | 7,24E+04                      | 2,81E+13                | 0,187                       |
| Natural                         | 6    | Agua para riego            | lt     | 8,00E+06                | 1,54E+09                      | 1,24E+16                | 82,025                      |
| <b>Materiales M</b>             |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        | 7    | Semillas                   | kg     | 1,20E+02                | 1,47E+12                      | 1,76E+14                | 1,171                       |
| Comprado                        | 8    | Combustibles y lubricantes | J      | 2,38E+09                | 1,11E+05                      | 2,63E+14                | 1,748                       |
| Comprado                        | 9    | Maquinaria                 | kg     | 3,04E+00                | 1,13E+13                      | 3,43E+13                | 0,227                       |
| Comprado                        | 10   | Nitrógeno                  | kg     | 5,10E+01                | 6,38E+12                      | 3,25E+14                | 2,159                       |
| Comprado                        | 11   | Fósforo                    | kg     | 2,50E+01                | 4,60E+12                      | 1,15E+14                | 0,763                       |
| Comprado                        | 12   | Pesticidas                 | J      | 2,31E+09                | 6,60E+04                      | 1,53E+14                | 1,012                       |
| Comprado                        | 13   | Coadyuvantes               | J      | 1,34E+09                | 1,11E+05                      | 1,48E+14                | 0,984                       |
| <b>Labores y Servicios S</b>    |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        | 14   | Labores                    | US\$   | 3,06E+02                | 1,08E+12                      | 3,30E+14                | 2,190                       |
| Comprado                        | 15   | Servicios                  | US\$   | 2,09E+00                | 1,08E+12                      | 2,25E+12                | 0,015                       |
| Comprado                        | 16   | Impuestos                  | US\$   | 2,05E+02                | 1,08E+12                      | 2,22E+14                | 1,470                       |
| Comprado                        | 17   | Seguro social              | US\$   | 1,14E-01                | 1,08E+12                      | 1,23E+11                | 0,001                       |
| <b>Productos</b>                |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
|                                 | 18   | Trigo                      | J      | 3,59E+10                |                               |                         |                             |

**1 Radiación solar:** Energía recibida sobre la superficie= Superficie del área\*Radiación anual\*(1-albedo). Radiación diaria promedio= 16,4 MJ/m2.día (FAO, 1985); Superficie del área= 10000 m2; 1 MJ= 1000000 J. Energía recibida sobre la superficie= 16,4 MJ/m2.día\*365 días/año\*10000m2/ha\*1000000 J/MJ\* (1-0,2) (Albedo=20% expresado en decimal)= 4,79E+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. Superficie del área= 10000 m2; Precipitación media anual= 0,595 m/año (mediciones locales por Agropecuaria Andorrana S.A); Densidad del agua=1000 kg/m3; Energía libre de Gibbs del agua de lluvia= 4940 J/Kg (Odum, 1996). Energía química de la lluvia= 10000 m2/ha\*0,595 m/año\*1000 kg/m3\*4940 J/Kg= 2,94E+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* \* *Coefficiente dragg*. Velocidad media a 2 m de altura = 1,8 m/s (FAO, 1985); Superficie = 10000 m<sup>2</sup>; Densidad del aire = 1,3 kg/m<sup>3</sup>; Coeficiente dragg = 0,001 (adimensional). *Energía cinética del viento* = 1,8 m/s \* 3,16E+07 s/año \* 10000 m<sup>2</sup>/ha \* 1,3 kg/m<sup>3</sup> = 7,39E+08 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**4 Ciclo de la Tierra:** *Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra* = *Superficie* \* *flujo de calor para áreas estables*. Superficie = 10000 m<sup>2</sup>; Flujo de calor para áreas estables = 1,00E+06 J/m<sup>2</sup>.año (Odum, 1996). *Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra* = 10000 m<sup>2</sup>/ha \* 1,00E+06 J/m<sup>2</sup>.año = 1,00E+10 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**5 Pérdida de suelo:** *Pérdida de energía por erosión* = *tasa de erosión* \* *superficie* \* *% materia orgánica del suelo* \* *contenido energético de la materia orgánica*. Tasa de erosión = 899.5 Kg/ha.año (Orúe et al, 2007; Scotta et al., 1986); Superficie = 1 ha; % de materia orgánica del suelo = 1,91 (Ciuffoli, 2013); Contenido energético de la materia orgánica = 5400 Kcal/kg (Odum, 1996). *Pérdida de energía por erosión* = 899.5 Kg/ha.año \* 0,0191 \* 5400 Kcal/Kg \* 4186,8 J/Kcal = 3,88E+08 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**6 Agua para riego:** *Consumo de agua* = 8000000 lt/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Martin et al., 2006.

**7 Semillas:** *Consumo anual de semillas* = 120 kg/ha.año de semillas de trigo. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002.

**8 Combustibles y lubricantes:** *Consumo anual de combustible* = *consumo total (combustibles + lubricantes)* \* *contenido energético* = *Labor* \* *N° de labores realizadas* \* *litros consumidos/ha*. Labores realizadas = Sembradora (sistema de siembra directa) (+ tractor) = 1 \* 9,81 lt/ha (Rathke et al., 2007); Pulverizadora terrestre (+ tractor) = 4 \* 8,045 lt/ha (Rathke et al., 2007); Cosechadora (+ tractor) = 1 \* 15,96 lt/ha. Total = 57,95 lt/ha.año

Consumo de lubricantes (%12 del combustible) = 57,95 lt/ha.año \* 0,12 = 6,95 lt/ha.año

*Consumo anual de combustible* = (57,95 + 6,95 lt/ha.año) \* 3,66E+07 J/lt = 2,38E+09 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2002.

**9 Maquinaria:** *Peso de la maquinaria* = *Peso de la maquinaria/vida útil* \* *horas de trabajo por hectárea* \* *N° de labores por año*. Sembradora (sistema de siembra directa) (+ tractor) = 13,6 tn / 3000 hs \* 0,28 hs/ha \* 1 \* 1000 kg/tn = 1,2663 Kg/ha; Pulverizadora terrestre (+ tractor) = 10,7 tn / 3000 hs \* 0,1 hs/ha \* 4 \* 1000 kg/tn = 1,456 Kg/ha; Cosechadora (+ tractor) = 15,5 tn / 12000 hs \* 0,25 hs/ha \* 1 \* 1000 kg/tn = 0,323 kg/ha. *Peso de la maquinaria* = 1,266 Kg/ha + 1,456 Kg/ha + 0,323 kg/ha = 3,04 Kg/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**10 Nitrógeno:** *Consumo anual de nitrógeno* = (100 kg/ha.año Urea granulada \* 0,46 (% N)) + (50 kg/ha.año fosfato monoamónico \* 0,1 (%N)) = 51 kgN/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Brown & Ulgiati, 2004.

**11 Fósforo:** *Consumo anual de fósforo* = 50 kg/ha.año fosfato monoamónico \* 0,5 (%P) = 25 kgP/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002.

**12 Pesticidas:** *Consumo anual de pesticidas* = *Producto (Kg/ha)* \* *Energía del producto (Mcal/kg)*. Full II = 2,04 kg/ha \* 150,78 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 307,59 Mcal/ha; Metsulfuron = 0,0097 kg/ha \* 131,04 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 1,28 Mcal/ha; 2-4D = 1,05 kg/ha \* 70,82 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 74,76 Mcal/ha; Folicur EW 250 = 0,25 kg/ha \* 159,5 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 39,87 Mcal/ha; Dimetoato 50% = 0,8 kg/ha \* 143,9 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 115,48 Mcal/ha; Cypermetrina 25% = 0,072 kg/ha \* 185,27 Mcal/kg (Ferraro, 2003) = 13,34 Mcal/ha. *Consumo anual de pesticidas* = 307,59 Mcal/ha + 1,28 Mcal/ha + 74,76 Mcal/ha + 39,87 Mcal/ha + 115,48 Mcal/ha + 13,34 Mcal/ha = 552,32 Mcal/ha.año. *Energía total consumida en pesticidas* = 552,32 Mcal/ha.año \* 1,00E+06 cal/Mcal / 0,24 cal/J = 2,31E+09 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**13 Coadyuvante:** *Consumo anual de coadyuvante* = *Producto (Kg/ha)* \* *Energía del producto (Mcal/kg)*. Aceite agrícola = 1,59 kg/ha \* 201 Mcal/kg (Ferraro, comunicación personal, 2013) = 319,59 Mcal/ha. *Energía total consumida en coadyuvante* = 319,59 Mcal/ha \* 1,00E+06 cal/Mcal / 0,24 cal/J = 1,34E+09 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2002.

**14 Labores:** *Costo total de labores* = *n° de labores realizadas* \* *costo de labor*

*Costo de labores* = Siembra (sistema de siembra directa) = 1 \* 43,86 US\$/ha.año = 43,86 US\$/ha.año; Curado = 1 \* 1,23 US\$/ha.año = 1,23 US\$/ha.año; Pulverización = 3 \* 15,79 US\$/ha.año = 47,37 US\$/ha.año; Yomel = 1 \* 5,79 US\$/ha.año = 5,79 US\$/ha.año; Cosecha = 1 \* 73,90 US\$/ha.año = 73,90 US\$/ha.año; Trabajo = 1 \* 140,44 US\$/ha.año = 140,44 US\$/ha.año. *Costo total de labores* = 305,6 US\$/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**15 Servicios:** Costo por servicio de mantenimiento= 1 \* 2,09 US\$/ha.año= 2,09 US\$/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**16 Impuestos:** Costo por pago de impuestos. Inmobiliario= 2,45 US\$/ha.año; Retenciones= 188,84 US\$/ha.año; Canon riego= 13,86 US\$/ha.año. Costo total en impuestos= 205,15 US\$/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**17 Seguro social:** Costo por pago de seguro social= 0,114 US\$/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**18 Trigo:** Energía del Trigo= Rendimiento \* contenido energético= 2600 kg/ha.año \* 1,38E+07 J/Kg = 3,59E+10 J/ha.año.

**Energía recibida por la venta de productos:** 821,05 US\$/ha.año \* 1,08E+12 sej/US\$=8,87E+14 sej/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

Tabla 7. Tabla de evaluación emergética correspondiente a Maíz de invierno bajo riego por gravedad, en el SE de la provincia de Salta.

| Origen                          | Nota | Item                       | Unidad | Data<br>(unidad/ha.año) | Transformidad<br>(sej/unidad) | EMERGIA<br>(sej/ha.año) | % de la<br>EMERGIA<br>total |
|---------------------------------|------|----------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| <b>Recursos Renovables R</b>    |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 1    | Radiación Solar            | J      | 4,79E+13                | 1,00E+00                      | 4,79E+13                | 0,395                       |
| Natural                         | 2    | Lluvia                     | J      | 2,94E+10                | 3,10E+04                      | 9,11E+14                | 7,511                       |
| Natural                         | 3    | Viento                     | J      | 7,39E+08                | 2,45E+03                      | 1,81E+12                | 0,015                       |
| Natural                         | 4    | Ciclo de la tierra         | J      | 1,00E+10                | 1,20E+04                      | 1,20E+14                | 0,989                       |
| <b>Recursos No Renovables N</b> |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 5    | Pérdida neta de suelo      | J      | 4,72E+08                | 7,24E+04                      | 3,41E+13                | 0,281                       |
| Natural                         | 6    | Agua para riego            | lt     | 6,00E+06                | 1,54E+09                      | 9,27E+15                | 76,414                      |
| <b>Materiales M</b>             |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        | 7    | Semillas                   | kg     | 2,00E+01                | 1,47E+13                      | 2,94E+14                | 2,424                       |
| Comprado                        | 8    | Combustibles y lubricantes | J      | 2,37E+09                | 1,11E+05                      | 2,63E+14                | 2,166                       |
| Comprado                        | 9    | Maquinaria                 | kg     | 1,99E+00                | 1,13E+13                      | 2,23E+13                | 0,184                       |
| Comprado                        | 10   | Nitrógeno                  | kg     | 5,82E+01                | 6,38E+12                      | 3,71E+14                | 3,061                       |
| Comprado                        | 11   | Fósforo                    | kg     | 1,50E+01                | 4,60E+12                      | 6,90E+13                | 0,569                       |
| Comprado                        | 12   | Pesticidas                 | J      | 2,80E+09                | 6,60E+04                      | 1,85E+14                | 1,524                       |
| Comprado                        | 13   | Coadyuvantes               | J      | 1,34E+09                | 1,11E+05                      | 1,48E+14                | 1,222                       |
| <b>Labores y Servicios S</b>    |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        | 14   | Labores                    | US\$   | 2,88E+02                | 1,08E+12                      | 3,11E+14                | 2,562                       |
| Comprado                        | 15   | Servicios                  | US\$   | 2,09E+00                | 1,08E+12                      | 2,25E+12                | 0,019                       |
| Comprado                        | 16   | Impuestos                  | US\$   | 2,32E+02                | 1,08E+12                      | 2,50E+14                | 2,062                       |
| Comprado                        | 17   | Seguro social              | US\$   | 1,14E-01                | 1,08E+12                      | 1,23E+11                | 0,001                       |
| <b>Productos</b>                |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
|                                 | 18   | Maíz                       | J      | 1,18E+11                |                               |                         |                             |

**1 Radiación solar:** Energía recibida sobre la superficie= Superficie del área\*Radiación anual\*(1-albedo). Radiación diaria promedio= 16,4 MJ/m<sup>2</sup>.día (FAO, 1985); Superficie del área= 10000 m<sup>2</sup>; 1 MJ= 1000000 J. Energía recibida sobre la superficie= 16,4 MJ/m<sup>2</sup>.día\*365 días/año\*10000m<sup>2</sup>/ha\*1000000 J/MJ\* (1-0,2) (Albedo=20% expresado en decimal)= 4,79E+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. Superficie del área= 10000 m<sup>2</sup>; Precipitación media anual= 0,595 m/año (mediciones locales por Agropecuaria Andorrana S.A); 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= 10000 m<sup>2</sup>/ha\*0,595 m/año\*1000 kg/m<sup>3</sup>\*4940 J/Kg= 2,94E+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 media a 2 m de altura= 1,8 m/s (FAO, 1985); Superficie= 10000 m<sup>2</sup>; Densidad del aire= 1,3 kg/m<sup>3</sup>; Coeficiente dragg= 0,001 (adimensional). Energía cinética del viento= 1,8 m/s\*3,16E+07 s/año\*10000 m<sup>2</sup>/ha\*1,3 kg/m<sup>3</sup>= 7,39E+08 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**4 Ciclo de la Tierra:** *Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra= Superficie\*flujo de calor para áreas estables.* Superficie=10000 m<sup>2</sup>; Flujo de calor para áreas estables= 1,00E+06 J/m<sup>2</sup>.año (Odum, 1996). *Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra= 10000 m<sup>2</sup>/ha\*1,00E+06 J/m<sup>2</sup>.año=1,00E+10 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**5 Pérdida de suelo:** *Pérdida de energía por erosión= tasa de erosión \* %materia orgánica del suelo \* contenido energético de la materia orgánica.* Tasa de erosión= 1092 Kg/ha.año (Orúe et al., 2007; Scotta et al., 1986); Superficie=1 ha; % de materia orgánica del suelo=1,91 (Ciuffoli, 2013); Contenido energético de la materia orgánica= 5400 Kcal/kg (Odum, 1996). *Pérdida de energía por erosión= 1092 Kg/ha.año\*0,0191\*5400Kcal/Kg\*4186,8 J/Kcal= 4,72E+08 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**6 Agua para riego:** *Consumo de agua = 6000000 lt/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Martin et al., 2006.

**7 Semillas:** *Consumo anual de semillas= 20 kg/ha.año de semillas de maíz (transgénicas).* Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002.

**8 Combustibles y lubricantes:** *Consumo anual de combustible= consumo total (combustibles + lubricantes)\*contenido energético= Labor\*Nº de labores realizadas\*litros consumidos/ha.*

Labores realizadas=Sembradora (sistema de siembra directa)(+ tractor)= 1\*9,81 lt/ha (Rathke et al., 2007); Pulverizadora terrestre (+ tractor)= 1\*8,045 lt/ha (Rathke et al., 2007); Pulverizadora aérea= 2\*12; Cosechadora (+ tractor)= 1\*15,961 lt/ha. Total= 57,81 lt/ha.año

Consumo de lubricantes (%12 del combustible)= 57,81 lt/ha.año\*0,12= 6,94 lt/ha.año

*Consumo anual de combustible= (57,81+6,94 lt/ha.año)\*3,66E+07 J/lt= 2,37E+09 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2002.

**9 Maquinaria:** *Peso de la maquinaria/vida útil\*horas de trabajo por hectárea\*Nº de labores por año.* Sembradora (sistema de siembra directa)(+ tractor)= 13,6 tn / 3000 hs \* 0,28 hs/ha \* 1 \* 1000 kg/tn= 1,2663 Kg/ha; Pulverizadora terrestre (+ tractor)= 10,7 tn/ 3000 hs \* 0,1 hs/ha \* 1 \* 1000 kg/tn= 0,364 Kg/ha; Pulverizadora aérea= 0,5 tn/15000 hs \* 0,48 hs/ha \* 2 \* 1000 kg/tn= 0,032 kg/ha; Cosechadora (+ tractor)= 15,5 tn/ 12000 hs \* 0,25 hs/ha \* 1 \* 1000 kg/tn= 0,323 kg/ha. *Peso de la maquinaria= 1,2663 Kg/ha + 0,364 Kg/ha + 0,032 Kg/ha + 0,323 Kg/ha = 1,98 Kg/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**10 Nitrógeno:** *Consumo anual de nitrógeno= (120 kg/ha.año Urea granulada \* 0,46 (% N)) + (30 kg/ha.año fosfato monoamónico \* 0,1 (%N))= 58,2 kgN/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Brown & Ulgiati, 2004.

**11 Fósforo:** *Consumo anual de fósforo= 30 kg/ha.año fosfato monoamónico \* 0,5 (%P)= 15 kgP/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002.

**12 Pesticidas:** *Consumo anual de pesticidas= Producto (Kg/ha)\*Energía del producto (Mcal/kg).* Ultra Max= 1,52 kg/ha\*132,18 Mcal/kg (Ferraro, 2003)= 201,04 Mcal/ha; Atrazina 50= 3,321 kg/ha \* 123,1 Mcal/kg=408,8 Mcal/ha (Ferraro, 2003); Dual= 0,88 Kg/ha\*65,7 Mcal/kg (Ferraro, comunicación personal, 2013)=57,8 Mcal/ha; Clap= 0,0093 Kg/ha\*171 Mcal/kg (Ferraro, comunicación personal, 2013)=1,6 Mcal/ha. *Consumo anual de pesticidas= 201,04 Mcal/ha + 408,8 Mcal/ha + 57,8 Mcal/ha + 1,6 Mcal/ha= 669,26 Mcal/ha.año.* *Energía total consumida en pesticidas= 669,26 Mcal/ha.año \* 1,00E+06 cal/Mcal / 0,24 cal/J= 2,80E+09 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**13 Coadyuvante:** *Consumo anual de coadyuvante= Producto (Kg/ha)\*Energía del producto (Mcal/kg).* Aceite agrícola= 1,59 kg/ha \* 201 Mcal/kg (Ferraro, comunicación personal, 2013)= 340,9 Mcal/ha. *Energía total consumida en coadyuvante= 340,9 Mcal/ha \* 1,00E+06 cal/Mcal / 0,24 cal/J= 1,34E+09 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2002.

**14 Labores:** *Costo total de labores= nº de labores realizadas \* costo de labor*

*Costo de labores= Siembra (sistema de siembra directa)= 1 \* 43,86 US\$/ha.año= 43,86 US\$/ha.año; Pulverización terrestre= 1 \* 5,26 US\$/ha.año= 5,26 US\$/ha.año; Pulverización aérea= 2 \* 6,15 US\$/ha.año; Cosecha= 1 \* 73,7 US\$/ha.año= 73,7 US\$/ha.año; Trabajo= 1 \* 140,44 US\$/ha.año= 140,44 US\$/ha.año* *Costo total de labores= 287,8 US\$/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**15 Servicios:** *Costo por servicio de mantenimiento= 1 \* 2,09 US\$/ha.año= 2,09 US\$/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**16 Impuestos:** *Costo por pago de impuestos.* Inmobiliario= 2,45 US\$/ha.año; Retenciones= 210,5 US\$/ha.año; Canon riego= 18,6 US\$/ha.año. *Costo total en impuestos= 231,57 US\$/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**17 Seguro social:** Costo por pago de seguro social= 0,114 US\$/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**18 Maíz:** Energía del maíz= Rendimiento \* contenido energético= 6000 kg/ha.año \* 1,96E+07 J/Kg (Brandt-Williams, 2002)= 1,18E+11 J/ha.año.

**Energía recibida por la venta de productos:** 1052,6 US\$/ha.año \* 1,08E+12 sej/US\$=1,14E+15 sej/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

Tabla 8. Tabla de evaluación energética correspondiente a Soja bajo riego por gravedad, en el SE de la provincia de Salta.

| Origen                          | Nota | Item                       | Unidad | Data<br>(unidad/ha.año) | Transformidad<br>(sej/unidad) | EMERGIA<br>(sej/ha.año) | % de la<br>EMERGIA<br>total |
|---------------------------------|------|----------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| <b>Recursos Renovables R</b>    |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 1    | Radiación Solar            | J      | 4,79E+13                | 1,00E+00                      | 4,79E+13                | 0,554                       |
| Natural                         | 2    | Lluvia                     | J      | 2,94E+10                | 3,10E+04                      | 9,11E+14                | 10,545                      |
| Natural                         | 3    | Viento                     | J      | 7,39E+08                | 2,45E+03                      | 1,81E+12                | 0,021                       |
| Natural                         | 4    | Ciclo de la tierra         | J      | 1,00E+10                | 1,20E+04                      | 1,20E+14                | 1,389                       |
| <b>Recursos No Renovables N</b> |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 5    | Pérdida neta de suelo      | J      | 4,72E+08                | 7,24E+04                      | 3,41E+13                | 0,395                       |
| Natural                         | 6    | Agua para riego            | lt     | 3,00E+06                | 1,54E+09                      | 4,63E+15                | 53,639                      |
| <b>Materiales M</b>             |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        | 7    | Semillas                   | kg     | 8,00E+01                | 1,47E+13                      | 1,18E+15                | 13,610                      |
| Comprado                        | 8    | Combustibles y lubricantes | J      | 3,03E+09                | 1,11E+05                      | 3,36E+14                | 3,887                       |
| Comprado                        | 9    | Maquinaria                 | kg     | 2,71E+00                | 1,13E+13                      | 3,05E+13                | 0,353                       |
| Comprado                        | 10   | Nitrógeno                  | kg     | 4,00E+00                | 6,38E+12                      | 2,55E+13                | 0,295                       |
| Comprado                        | 11   | Fósforo                    | kg     | 2,00E+01                | 4,60E+12                      | 9,20E+13                | 1,065                       |
| Comprado                        | 12   | Pesticidas                 | J      | 7,55E+09                | 6,60E+04                      | 4,98E+14                | 5,768                       |
| Comprado                        | 13   | Coadyuvantes               | J      | 2,32E+09                | 1,11E+05                      | 2,57E+14                | 2,974                       |
| <b>Labores y Servicios S</b>    |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        | 14   | Labores                    | US\$   | 3,07E+02                | 1,08E+12                      | 3,32E+14                | 3,841                       |
| Comprado                        | 15   | Servicios                  | US\$   | 2,09E+00                | 1,08E+12                      | 2,25E+12                | 0,026                       |
| Comprado                        | 16   | Impuestos                  | US\$   | 2,88E+02                | 1,08E+12                      | 3,11E+14                | 3,600                       |
| Comprado                        | 17   | Seguro social              | US\$   | 1,14E-01                | 1,08E+12                      | 1,23E+11                | 0,001                       |
| <b>Productos</b>                |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
|                                 | 18   | Soja                       | J      | 6,53E+10                |                               |                         |                             |

**1 Radiación solar:** Energía recibida sobre la superficie= Superficie del área\*Radiación anual\*(1-albedo). Radiación diaria promedio= 16,4 MJ/m2.día (FAO, 1985); Superficie del área= 10000 m2; 1 MJ= 1000000 J. Energía recibida sobre la superficie= 16,4 MJ/m2.día\*365 días/año\*10000m2/ha\*1000000 J/MJ\* (1-0,2) (Albedo=20% expresado en decimal)= 4,79E+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. Superficie del área= 10000 m2; Precipitación media anual= 0,595 m/año (mediciones locales por Agropecuaria Andorrana S.A); Densidad del agua=1000 kg/m3; Energía libre de Gibbs del agua de lluvia= 4940 J/Kg (Odum, 1996). Energía química de la lluvia= 10000 m2/ha\*0,595 m/año\*1000 kg/m3\*4940 J/Kg= 2,94E+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 media a 2 m de altura= 1,8 m/s (FAO, 1985); Superficie= 10000 m2; Densidad del aire= 1,3 kg/m3; Coeficiente dragg= 0,001 (adimensional). Energía cinética del viento= 1,8 m/s\*3,16E+07 s/año\*10000 m2/ha\*1,3 kg/m3= 7,39E+08 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**4 Ciclo de la Tierra:** Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra= Superficie\*flujo de calor para áreas estables. Superficie=10000 m2; Flujo de calor para áreas estables= 1,00E+06 J/m2.año (Odum, 1996). Ciclo de

la tierra-calor profundo de la tierra=  $10000 \text{ m}^2/\text{ha} * 1,00\text{E}+06 \text{ J}/\text{m}^2.\text{año}=1,00\text{E}+10 \text{ J}/\text{ha}.\text{año}$ . Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**5 Pérdida de suelo:** *Pérdida de energía por erosión= tasa de erosión \* %materia orgánica del suelo \* contenido energético de la materia orgánica.* Tasa de erosión= 1092 Kg/ha.año (Orúe et al., 2007; Scotta et al., 1986); Superficie=1 ha; % de materia orgánica del suelo=1,91 (Ciuffoli, 2013); Contenido energético de la materia orgánica= 5400 Kcal/kg (Odum, 1996). *Pérdida de energía por erosión=*  $1092 \text{ Kg}/\text{ha}.\text{año} * 0,0191 * 5400 \text{ Kcal}/\text{Kg} * 4186,8 \text{ J}/\text{Kcal}= 4,72\text{E}+08 \text{ J}/\text{ha}.\text{año}$ . Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**6 Agua para riego:** *Consumo de agua =*  $3000000 \text{ lt}/\text{ha}.\text{año}$ . Referencia del valor de transformidad: Martin et al., 2006.

**7 Semillas:** *Consumo anual de semillas=*  $80 \text{ kg}/\text{ha}.\text{año}$  de semillas de maíz (transgénicas). Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002.

**8 Combustibles y lubricantes:** *Consumo anual de combustible= consumo total (combustibles + lubricantes)\*contenido energético= Labor\*N° de labores realizadas\*litros consumidos/ha.*

Labores realizadas=Sembradora (sistema de siembra directa)(+ tractor)=  $1 * 9,81 \text{ lt}/\text{ha}$  (Rathke et al., 2007); Pulverizadora terrestre (+ tractor)=  $3 * 8,045 \text{ lt}/\text{ha}$  (Rathke et al., 2007); Pulverizadora aérea=  $2 * 12$ ; Cosechadora (+ tractor)=  $1 * 15,961 \text{ lt}/\text{ha}$ . Total=  $73,9 \text{ lt}/\text{ha}.\text{año}$

Consumo de lubricantes (% 12 del combustible)=  $73,9 \text{ lt}/\text{ha}.\text{año} * 0,12= 8,86 \text{ lt}/\text{ha}.\text{año}$

*Consumo anual de combustible=*  $(73,9 + 8,86 \text{ lt}/\text{ha}.\text{año}) * 3,66\text{E}+07 \text{ J}/\text{lt}= 3,03\text{E}+09 \text{ J}/\text{ha}.\text{año}$ . Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2002.

**9 Maquinaria:** *Peso de la maquinaria= Peso de la maquinaria/vida útil\*horas de trabajo por hectárea\*N° de labores por año.* Sembradora (sistema de siembra directa)(+ tractor)=  $13,6 \text{ tn} / 3000 \text{ hs} * 0,28 \text{ hs}/\text{ha} * 1 * 1000 \text{ kg}/\text{tn}= 1,2663 \text{ Kg}/\text{ha}$ ; Pulverizadora terrestre (+ tractor)=  $10,7 \text{ tn} / 3000 \text{ hs} * 0,1 \text{ hs}/\text{ha} * 3 * 1000 \text{ kg}/\text{tn}= 1,09 \text{ Kg}/\text{ha}$ ; Pulverizadora aérea=  $0,5 \text{ tn} / 15000 \text{ hs} * 0,48 \text{ hs}/\text{ha} * 2 * 1000 \text{ kg}/\text{tn}= 0,032 \text{ kg}/\text{ha}$ ; Cosechadora (+ tractor)=  $15,5 \text{ tn} / 12000 \text{ hs} * 0,25 \text{ hs}/\text{ha} * 1 * 1000 \text{ kg}/\text{tn}= 0,323 \text{ kg}/\text{ha}$ . *Peso de la maquinaria=*  $1,2663 \text{ Kg}/\text{ha} + 1,09 \text{ Kg}/\text{ha} + 0,032 \text{ Kg}/\text{ha} + 0,323 \text{ Kg}/\text{ha} = 2,71 \text{ Kg}/\text{ha}.\text{año}$ . Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**10 Nitrógeno:** *Consumo anual de nitrógeno=*  $40 \text{ kg}/\text{ha}.\text{año}$  fosfato monoamónico \* 0,1 (%N)=  $4 \text{ kgN}/\text{ha}.\text{año}$ . Referencia del valor de transformidad: Brown & Ulgiati, 2004.

**11 Fósforo:** *Consumo anual de fósforo=*  $40 \text{ kg}/\text{ha}.\text{año}$  fosfato monoamónico \* 0,5 (%P)=  $20 \text{ kgP}/\text{ha}.\text{año}$ . Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002.

**12 Pesticidas:** *Consumo anual de pesticidas= Producto (Kg/ha)\*Energía del producto (Mcal/kg).* Ultra Max=  $1,98 \text{ kg}/\text{ha} * 132,18 \text{ Mcal}/\text{kg}$  (Ferraro, 2003)=  $262,91 \text{ Mcal}/\text{ha}$ ; Glifosato=  $10,2 \text{ kg}/\text{ha} * 108 \text{ Mcal}/\text{kg}=1101,6 \text{ Mcal}/\text{ha}$  (Ferraro, 2003); Clap=  $0,0093 \text{ Kg}/\text{ha} * 171 \text{ Mcal}/\text{kg}$  (Ferraro, comunicación personal, 2013)= $1,6 \text{ Mcal}/\text{ha}$ ; Amistar Xtra=  $0,44 \text{ Kg}/\text{ha} * 158,72 \text{ Mcal}/\text{kg}$  (Ferraro, comunicación personal, 2013)= $69,84 \text{ Mcal}/\text{ha}$ ; Folicur EW 250=  $0,5 \text{ Kg}/\text{ha} * 159,5 \text{ Mcal}/\text{kg}= 79,75 \text{ Mcal}/\text{ha}.\text{año}$ ; Cypermetrina 25%=  $0,2304 \text{ Kg}/\text{ha} * 185,28 \text{ Mcal}/\text{kg}= 42,69 \text{ Mcal}/\text{ha}.\text{año}$ ; Endosulfan 35%=  $1,4 \text{ Kg}/\text{ha} * 134,15 \text{ Mcal}/\text{kg}= 187,81 \text{ Mcal}/\text{ha}.\text{año}$ ; Karate Zeon=  $0,026 \text{ Kg}/\text{ha} * 197,86 \text{ Mcal}/\text{kg}= 5,23 \text{ Mcal}/\text{ha}.\text{año}$ ; Curyom=  $0,357 \text{ Kg}/\text{ha} * 149,91 \text{ Mcal}/\text{kg}= 53,52 \text{ Mcal}/\text{ha}.\text{año}$ . *Energía total consumida en pesticidas=*  $1804,92 \text{ Mcal}/\text{ha}.\text{año} * 1,00\text{E}+06 \text{ cal}/\text{Mcal} / 0,24 \text{ cal}/\text{J}= 7,55\text{E}+09 \text{ J}/\text{ha}.\text{año}$ . Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**13 Coadyuvante:** *Consumo anual de coadyuvante= Producto (Kg/ha)\*Energía del producto (Mcal/kg).* Aceite agrícola=  $2,756 \text{ kg}/\text{ha} * 201 \text{ Mcal}/\text{kg}$  (Ferraro, comunicación personal, 2013)=  $553,95 \text{ Mcal}/\text{ha}$ . *Energía total consumida en coadyuvante=*  $553,95 \text{ Mcal}/\text{ha} * 1,00\text{E}+06 \text{ cal}/\text{Mcal} / 0,24 \text{ cal}/\text{J}= 2,32\text{E}+09 \text{ J}/\text{ha}.\text{año}$ . Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2002.

**14 Labores:** *Costo total de labores= n° de labores realizadas \* costo de labor*

*Costo de labores=* Siembra (sistema de siembra directa)=  $1 * 40,35 \text{ US}\$/\text{ha}.\text{año}= 40,35 \text{ US}\$/\text{ha}.\text{año}$ ; Curado=  $1 * 1,23 \text{ US}\$/\text{ha}.\text{año}= 1,23 \text{ US}\$/\text{ha}.\text{año}$ ; Pulverización terrestre=  $3 * 5,26 \text{ US}\$/\text{ha}.\text{año}= 15,8 \text{ US}\$/\text{ha}.\text{año}$ ; Pulverización aérea=  $2 * 6,15 \text{ US}\$/\text{ha}.\text{año}= 12,3 \text{ US}\$/\text{ha}.\text{año}$ ; Cosecha=  $1 * 54,7 \text{ US}\$/\text{ha}.\text{año}= 54,7 \text{ US}\$/\text{ha}.\text{año}$ ; Trabajo=  $1 * 140,44 \text{ US}\$/\text{ha}.\text{año}= 140,44 \text{ US}\$/\text{ha}.\text{año}$ . *Costo total de labores=*  $307,34 \text{ US}\$/\text{ha}.\text{año}$ . Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**15 Servicios:** *Costo por servicio de mantenimiento=*  $1 * 2,09 \text{ US}\$/\text{ha}.\text{año}= 2,09 \text{ US}\$/\text{ha}.\text{año}$ . Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**16 Impuestos:** *Costo por pago de impuestos.* Inmobiliario=  $2,45 \text{ US}\$/\text{ha}.\text{año}$ ; Retenciones=  $281,8 \text{ US}\$/\text{ha}.\text{año}$ ; Canon riego=  $3,73 \text{ US}\$/\text{ha}.\text{año}$ . *Costo total en impuestos=*  $288,03 \text{ US}\$/\text{ha}.\text{año}$ . Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**17 Seguro social:** Costo por pago de seguro social= 0,114 US\$/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**18 Soja:** Energía de la soja = Rendimiento \* contenido energético= 2700 kg/ha.año \* 2,42E+07 J/Kg (Brandt-Williams, 2002)= 6,53E+10 J/ha.año.

**Energía recibida por la venta de productos:** 805,26 US\$/ha.año \* 1,08E+12 sej/US\$=8,70E+14 sej/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

Tabla 9. Tabla de evaluación energética correspondiente a Soja de segunda bajo riego por gravedad, en el SE de la provincia de Salta.

| Origen                          | Nota | Item                       | Unidad | Data<br>(unidad/ha.año) | Transformidad<br>(sej/unidad) | EMERGI A<br>(sej/ha.año) | % de la<br>EMERGI A<br>total |
|---------------------------------|------|----------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| <b>Recursos Renovables R</b>    |      |                            |        |                         |                               |                          |                              |
| Natural                         | 1    | Radiación Solar            | J      | 4,79E+13                | 1,00E+00                      | 4,79E+13                 | 0,681                        |
| Natural                         | 2    | Lluvia                     | J      | 2,94E+10                | 3,10E+04                      | 9,11E+14                 | 12,962                       |
| Natural                         | 3    | Viento                     | J      | 7,39E+08                | 2,45E+03                      | 1,81E+12                 | 0,026                        |
| Natural                         | 4    | Ciclo de la tierra         | J      | 1,00E+10                | 1,20E+04                      | 1,20E+14                 | 1,707                        |
| <b>Recursos No Renovables N</b> |      |                            |        |                         |                               |                          |                              |
| Natural                         | 5    | Pérdida neta de suelo      | J      | 4,72E+08                | 7,24E+04                      | 3,41E+13                 | 0,486                        |
| Natural                         | 6    | Agua para riego            | lt     | 2,00E+06                | 1,54E+09                      | 3,09E+15                 | 43,956                       |
| <b>Materiales M</b>             |      |                            |        |                         |                               |                          |                              |
| Comprado                        | 7    | Semillas                   | kg     | 8,00E+01                | 1,47E+13                      | 1,18E+15                 | 16,729                       |
| Comprado                        | 8    | Combustibles y lubricantes | J      | 3,03E+09                | 1,11E+05                      | 3,36E+14                 | 4,778                        |
| Comprado                        | 9    | Maquinaria                 | kg     | 2,71E+00                | 1,13E+13                      | 3,05E+13                 | 0,434                        |
| Comprado                        | 10   | Nitrógeno                  | kg     | 4,00E+00                | 6,38E+12                      | 2,55E+13                 | 0,363                        |
| Comprado                        | 11   | Fósforo                    | kg     | 2,00E+01                | 4,60E+12                      | 9,20E+13                 | 1,309                        |
| Comprado                        | 12   | Pesticidas                 | J      | 7,55E+09                | 6,60E+04                      | 4,98E+14                 | 7,090                        |
| Comprado                        | 13   | Coadyuvantes               | J      | 2,32E+09                | 1,11E+05                      | 2,57E+14                 | 3,656                        |
| <b>Labores y Servicios S</b>    |      |                            |        |                         |                               |                          |                              |
| Comprado                        | 14   | Labores                    | US\$   | 3,16E+02                | 1,08E+12                      | 3,42E+14                 | 4,862                        |
| Comprado                        | 15   | Servicios                  | US\$   | 2,09E+00                | 1,08E+12                      | 2,25E+12                 | 0,032                        |
| Comprado                        | 16   | Impuestos                  | US\$   | 2,17E+02                | 1,08E+12                      | 2,35E+14                 | 3,340                        |
| Comprado                        | 17   | Seguro social              | US\$   | 1,14E-01                | 1,08E+12                      | 1,23E+11                 | 0,002                        |
| <b>Productos</b>                |      |                            |        |                         |                               |                          |                              |
|                                 | 18   | Soja                       | J      | 4,84E+10                |                               |                          |                              |

**1 Radiación solar:** Energía recibida sobre la superficie= Superficie del área\*Radiación anual\*(1-albedo). Radiación diaria promedio= 16,4 MJ/m2.día (FAO, 1985); Superficie del área= 10000 m2; 1 MJ= 1000000 J. Energía recibida sobre la superficie= 16,4 MJ/m2.día\*365 días/año\*10000m2/ha\*1000000 J/MJ\* (1-0,2) (Albedo=20% expresado en decimal)= 4,79E+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. Superficie del área= 10000 m2; Precipitación media anual= 0,595 m/año (mediciones locales por Agropecuaria Andorrana S.A); Densidad del agua=1000 kg/m3; Energía libre de Gibbs del agua de lluvia= 4940 J/Kg (Odum, 1996). Energía química de la lluvia= 10000 m2/ha\*0,595 m/año\*1000 kg/m3\*4940 J/Kg= 2,94E+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 media a 2 m de altura= 1,8 m/s (FAO, 1985); Superficie= 10000 m2; Densidad del aire= 1,3

kg/m<sup>3</sup>; Coeficiente dragg= 0,001 (adimensional). *Energía cinética del viento*= 1,8 m/s\*3,16E+07 s/año\*10000 m<sup>2</sup>/ha\*1,3 kg/m<sup>3</sup>= 7,39E+08 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**4 Ciclo de la Tierra:** *Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra*= Superficie\*flujo de calor para áreas estables. Superficie=10000 m<sup>2</sup>; Flujo de calor para áreas estables= 1,00E+06 J/m<sup>2</sup>.año (Odum, 1996). *Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra*= 10000 m<sup>2</sup>/ha\*1,00E+06 J/m<sup>2</sup>.año=1,00E+10 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**5 Pérdida de suelo:** *Pérdida de energía por erosión*= tasa de erosión \* %materia orgánica del suelo \* contenido energético de la materia orgánica. Tasa de erosión= 1092 Kg/ha.año (Orúe et al, 2007; Scotta et al., 1986); Superficie=1 ha; % de materia orgánica del suelo=1,91 (Ciuffoli, 2013); Contenido energético de la materia orgánica= 5400 Kcal/kg (Odum, 1996). *Pérdida de energía por erosión*= 1092 Kg/ha.año\*0,0191\*5400Kcal/Kg\*4186,8 J/Kcal= 4,72E+08 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**6 Agua para riego:** *Consumo de agua* = 2000000 lt/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Martin et al., 2006.

**7 Semillas:** *Consumo anual de semillas*= 80 kg/ha.año de semillas de maíz (transgénicas). Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002.

**8 Combustibles y lubricantes:** *Consumo anual de combustible*= consumo total (combustibles + lubricantes)\*contenido energético= Labor\*Nº de labores realizadas\*litros consumidos/ha.

Labores realizadas=Sembradora (sistema de siembra directa)(+ tractor)= 1\*9,81 lt/ha (Rathke et al., 2007); Pulverizadora terrestre (+ tractor)= 3\*8,045 lt/ha (Rathke et al., 2007); Pulverizadora aérea= 2\*12; Cosechadora (+ tractor)= 1\*15,961 lt/ha. Total= 73,9 lt/ha.año

Consumo de lubricantes (%12 del combustible)= 73,9 lt/ha.año\*0,12= 8,86 lt/ha.año

*Consumo anual de combustible*= (73,9+8,86 lt/ha.año)\*3,66E+07 J/lt= 3,03E+09 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2002.

**9 Maquinaria:** *Peso de la maquinaria*= *Peso de la maquinaria/vida útil\*horas de trabajo por hectárea\*Nº de labores por año*. Sembradora (sistema de siembra directa)(+ tractor)= 13,6 tn / 3000 hs \* 0,28 hs/ha \* 1 \* 1000 kg/tn= 1,2663 Kg/ha; Pulverizadora terrestre (+ tractor)= 10,7 tn/ 3000 hs \* 0,1 hs/ha \* 3 \* 1000 kg/tn= 1,09 Kg/ha; Pulverizadora aérea= 0,5 tn/15000 hs \* 0,48 hs/ha \* 2 \* 1000 kg/tn= 0,032 kg/ha; Cosechadora (+ tractor)= 15,5 tn/ 12000 hs \* 0,25 hs/ha \* 1 \* 1000 kg/tn= 0,323 kg/ha. *Peso de la maquinaria*= 1,2663 Kg/ha + 1,09 Kg/ha + 0,032 Kg/ha + 0,323 Kg/ha = 2,71 Kg/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**10 Nitrógeno:** *Consumo anual de nitrógeno*= 40 kg/ha.año fosfato monoamónico \* 0,1 (%N)= 4 kgN/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Brown & Ulgiate, 2004.

**11 Fósforo:** *Consumo anual de fósforo*= 40 kg/ha.año fosfato monoamónico \* 0,5 (%P)= 20 kgP/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ortega et al., 2002.

**12 Pesticidas:** *Consumo anual de pesticidas*= *Producto (Kg/ha)\*Energía del producto (Mcal/kg)*. Ultra Max= 1,98 kg/ha\*132,18 Mcal/kg (Ferraro, 2003)= 262,91 Mcal/ha; Glifosato= 10,2 kg/ha \* 108 Mcal/kg=1101,6 Mcal/ha (Ferraro, 2003); Clap= 0,0093 Kg/ha\*171 Mcal/kg (Ferraro, comunicación personal, 2013)=1,6 Mcal/ha; Amistar Xtra= 0,44 Kg/ha\*158,72 Mcal/kg (Ferraro, comunicación personal, 2013)=69,84 Mcal/ha; Folicur EW 250= 0,5 Kg/ha\*159,5 Mcal/kg= 79,75 Mcal/ha.año; Cypermetrina 25%= 0,2304 Kg/ha\*185,28 Mcal/kg= 42,69 Mcal/ha.año; Endosulfan 35%= 1,4 Kg/ha\*134,15 Mcal/kg= 187,81 Mcal/ha.año; Karate Zeon= 0,026 Kg/ha\*197,86 Mcal/kg= 5,23 Mcal/ha.año; Curyom= 0,357 Kg/ha\*149,91 Mcal/kg= 53,52 Mcal/ha.año. *Energía total consumida en pesticidas*=1804,92 Mcal/ha.año \* 1,00E+06 cal/Mcal / 0,24 cal/J= 7,55E+09 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**13 Coadyuvante:** *Consumo anual de coadyuvante*= *Producto (Kg/ha)\*Energía del producto (Mcal/kg)*. Aceite agrícola= 2,756 kg/ha \* 201 Mcal/kg (Ferraro, comunicación personal, 2013)= 553,95 Mcal/ha. *Energía total consumida en coadyuvante*= 553,95 Mcal/ha \* 1,00E+06 cal/Mcal / 0,24 cal/J= 2,32E+09 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2002.

**14 Labores:** *Costo total de labores*= nº de labores realizadas \* costo de labor

*Costo de labores*= Siembra (sistema de siembra directa)= 1 \* 40,35 US\$/ha.año= 40,35 US\$/ha.año; Curado= 1 \* 1,23 US\$/ha.año= 1,23 US\$/ha.año; Pulverización terrestre= 3 \* 5,26 US\$/ha.año= 15,8 US\$/ha.año; Pulverización aérea= 2 \* 6,15 US\$/ha.año= 12,3 US\$/ha.año ; Cosecha= 1 \* 63,77 US\$/ha.año= 63,77 US\$/ha.año; Trabajo= 1 \* 140,44 US\$/ha.año= 140,44 US\$/ha.año *Costo total de labores*= 316,5 US\$/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**15 Servicios:** *Costo por servicio de mantenimiento*= 1 \* 2,09 US\$/ha.año= 2,09 US\$/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**16 Impuestos:** *Costo por pago de impuestos.* Inmobiliario= 2,45 US\$/ha.año; Retenciones= 208,7 US\$/ha.año; Canon riego= 6,2 US\$/ha.año. *Costo total en impuestos*= 217,43 US\$/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**17 Seguro social:** *Costo por pago de seguro social*= 0,114 US\$/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**18 Soja:** *Energía de la soja = Rendimiento \* contenido energético*= 2000 kg/ha.año \* 2,42E+07 J/Kg (Brandt-Williams, 2002)= 4,84E+10 J/ha.año.

**Emergía recibida por la venta de productos:** 596,5 US\$/ha.año \* 1,08E+12 sej/US\$=6,44E+14 sej/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

## Sistemas ganaderos en pasturas de Gatton Panic (GAN) - Grandes productores del SE de la provincia de Salta

Tabla 10. Tabla de evaluación emergética correspondiente a ganadería con pasturas de Gatton Panic (GAN1), en el SE de la provincia de Salta.

| Origen                          | Nota | Item                       | Unidad | Data<br>(unidad/ha.año) | Transformidad<br>(sej/unidad) | EMERGIA<br>(sej/ha.año) | % de la<br>EMERGIA<br>total |
|---------------------------------|------|----------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| <b>Recursos Renovables R</b>    |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 1    | Radiación Solar            | J      | 4,79E+13                | 1,00E+00                      | 4,79E+13                | 4,349                       |
| Natural                         | 2    | Lluvia                     | J      | 2,94E+10                | 3,10E+04                      | 9,11E+14                | 82,750                      |
| Natural                         | 3    | Viento                     | J      | 7,39E+08                | 2,45E+03                      | 1,81E+12                | 0,164                       |
| Natural                         | 4    | Ciclo de la tierra         | J      | 1,00E+10                | 1,20E+04                      | 1,20E+14                | 10,898                      |
| Natural                         | 5    | Agua para consumo animal   | lt     | 8,42E+03                | 1,54E+09                      | 1,30E+13                | 1,182                       |
| <b>Recursos No Renovables N</b> |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 6    | Pérdida neta de suelo      | J      | 6,02E+08                | 7,24E+04                      | 4,36E+13                | 3,960                       |
| Natural                         | 7    | Agua para consumo animal   | lt     | 8,42E+03                | 1,54E+09                      | 1,30E+13                | 1,182                       |
| <b>Materiales M</b>             |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        | 8    | Combustibles y lubricantes | J      | 2,05E+08                | 1,11E+05                      | 2,27E+13                | 2,064                       |
| Comprado                        | 9    | Maquinaria                 | kg     | 1,85E+00                | 1,13E+13                      | 2,08E+13                | 1,890                       |
| Comprado                        | 10   | Tanque australiano         | tn     | 3,41E-04                | 1,78E+015                     | 6,07E+011               | 0,055                       |
| Comprado                        | 11   | Bebederos                  | g      | 2,46E+02                | 1,54E+09                      | 3,79E+11                | 0,034                       |
| Comprado                        | 12   | Suplemento dietario        | US\$   | 1,27E+01                | 1,08E+12                      | 1,37E+13                | 1,244                       |
| Comprado                        | 13   | Sanidad animal             | US\$   | 5,09E+00                | 1,08E+12                      | 5,49E+12                | 0,499                       |
| Comprado                        | 14   | Pesticidas                 | J      | 7,24E+07                | 6,60E+04                      | 4,78E+12                | 0,434                       |
| <b>Labores y Servicios S</b>    |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        | 15   | Labores                    | US\$   | 4,39E+01                | 1,08E+12                      | 4,74E+13                | 4,302                       |
| Comprado                        | 16   | Servicios                  | US\$   | 1,32E+00                | 1,08E+12                      | 1,42E+12                | 0,129                       |
| Comprado                        | 17   | Impuestos                  | US\$   | 2,69E+00                | 1,08E+12                      | 2,91E+12                | 0,264                       |
| Comprado                        | 18   | Seguro social              | US\$   | 1,14E-01                | 1,08E+12                      | 1,23E+11                | 0,011                       |
| <b>Productos</b>                |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
|                                 | 19   | Carne                      | J      | 1,50E+08                |                               |                         |                             |
|                                 | 20   | Reemplazo animales         | J      | 1,24E+08                |                               |                         |                             |

**1 Radiación solar:** *Energía recibida sobre la superficie= Superficie del área\*Radiación anual\*(1-albedo).* Radiación diaria promedio= 16,4 MJ/m<sup>2</sup>.día (FAO, 1985); Superficie del área= 10000 m<sup>2</sup>; 1 MJ= 1000000 J. *Energía recibida sobre la superficie= 16,4 MJ/m<sup>2</sup>.día\*365 días/año\*10000m<sup>2</sup>/ha\*1000000 J/MJ\* (1-0,2) (Albedo=20% expresado en decimal)= 4,79E+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.* Superficie del área= 10000 m<sup>2</sup>; Precipitación media anual= 0,595 m/año (mediciones en el lugar por Agropecuaria Andorrana S.A); 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= 10000 m<sup>2</sup>/ha\*0,595 m/año\*1000 kg/m<sup>3</sup>\*4940 J/Kg= 2,94E+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 media a 2 m de altura= 1,8 m/s (FAO, 1985); Superficie= 10000 m<sup>2</sup>; Densidad del aire= 1,3 kg/m<sup>3</sup>; Coeficiente dragg= 0,001 (adimensional). *Energía cinética del viento= 1,8 m/s\*3,16E+07 s/año\*10000 m<sup>2</sup>/ha\*1,3 kg/m<sup>3</sup>= 7,39E+08 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**4 Ciclo de la Tierra:** *Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra= Superficie\*flujo de calor para áreas estables.* Superficie=10000 m<sup>2</sup>; Flujo de calor para áreas estables= 1,00E+06 J/m<sup>2</sup>.año (Odum, 1996). *Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra= 10000 m<sup>2</sup>/ha\*1,00E+06 J/m<sup>2</sup>.año=1,00E+10 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**5 Agua para consumo animal:** *Consumo de agua = 8,42E+03 lt/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Martín *et al.*, 2006.

**6 Pérdida de suelo:** *Pérdida de energía por erosión= tasa de erosión \* %materia orgánica del suelo \* contenido energético de la materia orgánica.* Tasa de erosión= 1376 Kg/ha.año (Orúe *et al.*, 2007; Scotta *et al.*, 1986); Superficie=1 ha; % de materia orgánica del suelo=1,936 (Ciuffoli, 2013); Contenido energético de la materia orgánica= 5400 Kcal/kg (Odum, 1996). *Pérdida de energía por erosión= 1376 Kg/ha.año\*0,01936\*5400Kcal/Kg\*4186,8 J/Kcal= 6,02E+08 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum *et al.*, 2000.

**7 Agua para consumo animal:** *Consumo de agua = 8,42E+03 lt/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Martín *et al.*, 2006.

**8 Combustibles y lubricantes:** *Consumo anual de combustible= consumo total (combustibles + lubricantes)\*contenido energético= Labor\*Nº de labores realizadas\*litros consumidos/ha.*

Labores realizadas=Bomba=1\*0,93lt/ha; ReRolado= 1\*0,74 lt/ha; Rastra= 1\*3,33 lt/ha. Total= 5 lt/ha.año

Consumo de lubricantes (% 12 del combustible)= 5 lt/ha.año\*0,12= 0,6 lt/ha.año

*Consumo anual de combustible= (5+0,6 lt/ha.año)\*3,66E+07 J/lt= 2,05E+08 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum *et al.*, 2002.

**9 Maquinaria:** *Peso de la maquinaria= Peso de la maquinaria/vida útil\*horas de trabajo por hectárea\*Nº de labores por año.* Bombas= 0,135 tn/9000hs \* 0,61 hs/ha \* 1000 kg/tn=0,00915 kg/ha; Tractor (+rolo)= 13,8 tn/5000 \* 1 hs/ha \* 1000 kg/tn= 0,92 kg/ha; Rastra= 13,8 tn/5000 \* 1 hs/ha \* 1000 kg/tn= 0,92. *Peso de la maquinaria= 0,00915 kg/ha+0,92kg/ha+0,92kg/ha= 1,85 kg/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**10 Tanque Australiano:** *(Peso del tanque/vida útil)/ sup. del predio= (92,4 tn (Chandias, 1960)/20años)/13544 ha= 0,00034 tn/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**11 Bebederos:** *Peso \* nº de bebederos/ vida útil= g/año. Peso por hectárea= g.año<sup>-1</sup>/superficie del predio= 10000 kg/bebedero (Chandias, 1960) \* 10 bebederos \* 1000g/kg/ 30 años= 333333,33 g.año<sup>-1</sup>/13544ha= 246,11 g/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Brown y Buranakam, 2003.

**12 Suplemento dietario:** *Gastos en alimentación suplementaria= 72,3 \$/ha.año = 12.68 US\$/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**13 Gastos en sanidad animal:** *Gastos= 29 \$/ha.año = 5,1 US\$/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**14 Pesticidas:** *Consumo anual de pesticidas= Producto (Kg/ha)\*Energía del producto (Mcal/kg).* Pastar Dow= 0,17 kg/ha\*102,28 Mcal/kg (Ferraro, comunicación personal)\*1,00E+06 cal/Mcal\*0,239 cal/J= 7,24E+07 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**15 Labores:** *Costo total de labores= nº de labores realizadas\*costo de labor*

*Costo de labores=Control de renoval=1\*15,86 US\$/ha.año; Inseminación artificial= 1\*0,61 US\$/ha.año;*

*Trabajo= 1\* 27,4 US\$/ha.año. Costo total de labores= 43,86 US\$/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**16 Servicios:** *Costo por honorarios veterinario= 1,32 US\$/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**17 Impuestos:** *Costo por pago de impuestos. Inmobiliario= 2,45 US\$/ha.año; Guías y certificados= 0,23 US\$/ha.año. Costo total en impuestos= 2,7 US\$/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**18 Seguro social:** *Costo por pago de seguro social= 0,114 US\$/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**19 Carne:** *Kg de carne producida \* contenido energético= 11,3 kg/ha.año \* 13,36 Mj/kg \* 1000000 J/Mj = 1,50E+08 J/ha.año.*

**20 Reemplazo de animales:** *(Nº de Terneros seleccionados para reposición \* peso \* contenido energético)/superficie del predio= [(640 hembras + 195 machos) terneros/año \* 150 kg/ ternero \* 13,36 Mj/kg \* 1000000 J/Mj]/ 13544 ha = 1,24E+08 J/ha.año.*

**Emergía recibida por la venta de productos:** 23,7 US\$/ha.año \* 1,08E+12 sej/US\$= 2,56E+13 sej/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

Tabla 11. Tabla de evaluación emergética correspondiente a ganadería con pasturas de Gatton Panic (GAN2), en el SE de la provincia de Salta.

| Origen                          | Nota | Item                         | Unidad | Data<br>(unidad/ha.año) | Transformidad<br>(sej/unidad) | EMERGIA<br>(sej/ha.año) | % de la<br>EMERGIA<br>total |
|---------------------------------|------|------------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| <b>Recursos Renovables R</b>    |      |                              |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         |      | 1 Radiación Solar            | J      | 4,66E+13                | 1,00E+00                      | 4,66E+13                | 3,924                       |
| Natural                         |      | 2 Lluvia                     | J      | 3,25E+10                | 3,10E+04                      | 1,01E+15                | 84,943                      |
| Natural                         |      | 3 Viento                     | J      | 7,39E+08                | 2,45E+03                      | 1,81E+12                | 0,152                       |
| Natural                         |      | 4 Ciclo de la tierra         | J      | 1,00E+10                | 1,20E+04                      | 1,20E+14                | 10,103                      |
| Natural                         |      | 5 Agua para consumo animal   | lt     | 7,58E+03                | 1,54E+09                      | 1,17E+13                | 0,986                       |
| <b>Recursos No Renovables N</b> |      |                              |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         |      | 6 Pérdida neta de suelo      | J      | 6,02E+08                | 7,24E+04                      | 4,36E+13                | 3,671                       |
| Natural                         |      | 7 Agua para consumo animal   | lt     | 7,58E+03                | 1,54E+09                      | 1,17E+13                | 0,986                       |
| <b>Materiales M</b>             |      |                              |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        |      | 8 Combustibles y lubricantes | J      | 4,78E+08                | 1,11E+05                      | 5,30E+13                | 4,466                       |
| Comprado                        |      | 9 Maquinaria                 | kg     | 9,37E-01                | 1,13E+13                      | 1,05E+13                | 0,888                       |
| Comprado                        |      | 10 Tanque australiano        | tn     | 2,79E-04                | 1,78E+015                     | 4,96E+011               | 0,042                       |
| Comprado                        |      | 11 Bebederos                 | g      | 6,79E+02                | 1,54E+09                      | 1,05E+12                | 0,088                       |
| Comprado                        |      | 12 Sanidad animal            | US\$   | 1,16E+01                | 1,08E+12                      | 1,25E+13                | 1,050                       |
| <b>Labores y Servicios S</b>    |      |                              |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        |      | 13 Labores                   | US\$   | 2,92E+01                | 1,08E+12                      | 3,16E+13                | 2,658                       |
| Comprado                        |      | 14 Servicios                 | US\$   | 1,32E+00                | 1,08E+12                      | 2,78E+01                | 0,000                       |
| Comprado                        |      | 15 Impuestos                 | US\$   | 2,44E+00                | 1,08E+12                      | 2,64E+12                | 0,222                       |
| <b>Productos</b>                |      |                              |        |                         |                               |                         |                             |
|                                 |      | 16 Carne                     | J      | 5,81E+08                |                               |                         |                             |
|                                 |      | 17 Reemplazo animales        | J      | 4,72E+07                |                               |                         |                             |

**1 Radiación solar:** *Energía recibida sobre la superficie* = Superficie del área \* Radiación anual \* (1 - albedo). Radiación diaria promedio = 15,96 MJ/m<sup>2</sup>.día (FAO, 1985); Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; 1 MJ = 1000000 J. *Energía recibida sobre la superficie* = 15,96 MJ/m<sup>2</sup>.día \* 365 días/año \* 10000 m<sup>2</sup>/ha \* 1000000 J/MJ \* (1 - 0,2) (Albedo = 20% expresado en decimal) = 4,66E+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. Superficie del área = 10000 m<sup>2</sup>; Precipitación media anual = 0,6588 m/año (TRMM); 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* = 10000 m<sup>2</sup>/ha \* 0,6588 m/año \* 1000 kg/m<sup>3</sup> \* 4940 J/Kg = 3,25E+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 media a 2 m de altura = 1,8 m/s (FAO, 1985); Superficie = 10000 m<sup>2</sup>; Densidad del aire = 1,3 kg/m<sup>3</sup>; Coeficiente dragg = 0,001 (adimensional). *Energía cinética del viento* = 1,8 m/s \* 3,16E+07 s/año \* 10000 m<sup>2</sup>/ha \* 1,3 kg/m<sup>3</sup> = 7,39E+08 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**4 Ciclo de la Tierra:** *Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra* = Superficie \* flujo de calor para áreas estables. Superficie = 10000 m<sup>2</sup>; Flujo de calor para áreas estables = 1,00E+06 J/m<sup>2</sup>.año (Odum, 1996). *Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra* = 10000 m<sup>2</sup>/ha \* 1,00E+06 J/m<sup>2</sup>.año = 1,00E+10 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**5 Agua para consumo animal:** *Consumo de agua* = 7,58E+03 lt/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Martin et al., 2006.

**6 Pérdida de suelo:** *Pérdida de energía por erosión = tasa de erosión \* %materia orgánica del suelo \* contenido energético de la materia orgánica.* Tasa de erosión= 1376 Kg/ha.año (Orúe et al, 2007; Scotta et al., 1986); Superficie=1 ha; % de materia orgánica del suelo=1,936 (Ciuffoli, 2013); Contenido energético de la materia orgánica= 5400 Kcal/kg (Odum, 1996). *Pérdida de energía por erosión = 1376 Kg/ha.año\*0,01936\*5400Kcal/Kg\*4186,8 J/Kcal= 6,02E+08 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2000.

**7 Agua para consumo animal:** *Consumo de agua = 7,58E+03 lt/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Martin et al., 2006.

**8 Combustibles y lubricantes:** *Consumo anual de combustible = consumo total (combustibles + lubricantes)\*contenido energético = Labor\*N° de labores realizadas\*litros consumidos/ha.*

Labores realizadas=Bomba=1\*0,93lt/ha; ReRolado= 1\*0,74 lt/ha; Motores= 1\*10 lt/ha. Total= 11,67 lt/ha.año

Consumo de lubricantes (%12 del combustible)= 11,67 lt/ha.año\*0,12= 1,4 lt/ha.año

*Consumo anual de combustible = (11,67+1,4 lt/ha.año)\*3,66E+07 J/lt= 4,78E+08 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum et al., 2002.

**9 Maquinaria:** *Peso de la maquinaria = Peso de la maquinaria/vida útil\*horas de trabajo por hectárea\*N° de labores por año.* Bombas= 0,135 tn/9000hs \* 0,61 hs/ha \* 1000 kg/tn=0,00915 kg/ha; Tractor (+rolo)= 13,8 tn/5000 \* 1 hs/ha \* 1000 kg/tn= 0,92 kg/ha; Motores= 0,072 tn/5000 \* 1 hs/ha \* 1000 kg/tn= 0,008 kg/ha. *Peso de la maquinaria = 0,00915 kg/ha+0,92kg/ha+0,008kg/ha= 0,937 kg/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**10 Tanque Australiano:** *(Peso del tanque/vida útil)/ sup. del predio = (18,48 tn (Chandias, 1960)/20años)/3315 ha= 0,0002787 tn/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**11 Bebederos:** *Peso \* n° de bebederos/ vida útil = g/año. Peso por hectárea = g.año<sup>-1</sup>/superficie del predio = (1500 kg/bebedero (Chandias, 1960) \* 45 bebederos \* 1000g/kg)/ 30 años = 2250000 g.año<sup>-1</sup>/3315ha = 678,73 g/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Brown y Buranakam, 2003.

**12 Gastos en sanidad animal:** *Gastos = 65,8 \$/ha.año = 11,5 US\$/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**13 Labores:** *Costo total de labores = n° de labores realizadas\*costo de labor*

*Costo de labores = Conservación de pasturas=1\*10,3 US\$/ha.año; Inseminación artificial= 1\*3,89 US\$/ha.año;*

*Gastos varios= 1\* 2,64 US\$/ha.año; Trabajo= 1\* 12,39 US\$/ha.año . Costo total de labores= 29,22 US\$/ha.año.*

Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**14 Servicios:** *Costo por honorarios profesionales: Honorarios veterinario = 1,32 US\$/ha.año; Honorarios administrador = 1,98 US\$/ha.año. Costo total = 2,11 US\$/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**15 Impuestos:** *Costo por pago de impuestos = 2,44 US\$/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**16 Carne:** *Kg de carne producida \* contenido energético = 43,5 kg/ha.año \* 13,36 MJ/kg \* 1000000 J/Mj = 5,81E+08 J/ha.año.*

**17 Reemplazo de animales:** *(N° de Terneros seleccionados para reposición \* peso \* contenido energético)/superficie del predio = [465 terneros/año \* 103 kg/ ternero \* 13,36 MJ/kg \* 1000000 J/Mj]/ 13544 ha = 4,72E+07 J/ha.año.*

**Emergía recibida por la venta de productos:** 83,9 US\$/ha.año \* 1,08E+12 sej/US\$ = 9,07E+13 sej/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

Tabla 12. Tabla de evaluación emergética correspondiente a ganadería con pasturas de Gatton Panic (GAN3), en

| Origen                          | Nota | Item                       | Unidad | Data<br>(unidad/ha.año) | Transformidad<br>(sej/unidad) | EMERGIA<br>(sej/ha.año) | % de la<br>EMERGIA<br>total |
|---------------------------------|------|----------------------------|--------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| <b>Recursos Renovables R</b>    |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 1    | Radiación Solar            | J      | 4,78E+13                | 1,00E+00                      | 4,78E+13                | 3,605                       |
| Natural                         | 2    | Lluvia                     | J      | 3,35E+10                | 3,10E+04                      | 1,04E+15                | 78,453                      |
| Natural                         | 3    | Viento                     | J      | 8,21E+08                | 2,45E+03                      | 2,01E+12                | 0,152                       |
| Natural                         | 4    | Ciclo de la tierra         | J      | 1,00E+10                | 1,20E+04                      | 1,20E+14                | 9,057                       |
| Natural                         | 5    | Agua para consumo animal   | lt     | 6,37E+03                | 1,54E+09                      | 9,84E+12                | 0,743                       |
| Natural                         | 6    | Recursos forestales        | Kg     | 5,42E+01                | 3,90E+11                      | 2,12E+13                | 1,596                       |
| <b>Recursos No Renovables N</b> |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Natural                         | 7    | Pérdida neta de suelo      | J      | 1,08E+09                | 7,24E+04                      | 7,81E+13                | 5,891                       |
| Natural                         | 8    | Agua para consumo animal   | lt     | 6,37E+03                | 1,54E+09                      | 9,84E+12                | 0,743                       |
| <b>Materiales M</b>             |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        | 9    | Combustibles y lubricantes | J      | 6,28E+08                | 1,11E+05                      | 6,97E+13                | 5,259                       |
| Comprado                        | 10   | Maquinaria                 | kg     | 9,45E-01                | 1,13E+13                      | 1,06E+13                | 0,803                       |
| Comprado                        | 11   | Tanque australiano         | tn     | 9,24E+00                | 1,78E+15                      | 5,50E+11                | 0,042                       |
| Comprado                        | 12   | Bebederos                  | g      | 1,00E+03                | 1,54E+09                      | 1,55E+12                | 0,117                       |
| Comprado                        | 13   | Suplemento dietario        | US\$   | 6,49E+00                | 1,08E+12                      | 7,01E+12                | 0,529                       |
| Comprado                        | 14   | Sanidad animal             | US\$   | 7,35E+00                | 1,08E+12                      | 7,94E+12                | 0,599                       |
| <b>Labores y Servicios S</b>    |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
| Comprado                        | 15   | Labores                    | US\$   | 2,49E+01                | 1,08E+12                      | 2,69E+13                | 2,027                       |
| Comprado                        | 16   | Servicios                  | US\$   | 3,76E+01                | 1,08E+12                      | 2,91E+12                | 0,220                       |
| Comprado                        | 17   | Impuestos                  | US\$   | 3,65E+01                | 1,08E+12                      | 3,95E+13                | 2,978                       |
| <b>Productos</b>                |      |                            |        |                         |                               |                         |                             |
|                                 | 18   | Carne                      | J      | 8,51E+08                |                               |                         |                             |
|                                 | 19   | Reemplazo animales         | J      | 4,56E+07                |                               |                         |                             |
|                                 | 20   | Carbón                     | J      | 1,68E+09                |                               |                         |                             |

el SE de la provincia de Salta.

**1 Radiación solar:** *Energía recibida sobre la superficie= Superficie del área\*Radiación anual\*(1-albedo).* Radiación diaria promedio= 16,36 MJ/m<sup>2</sup>.día (FAO, 1985); Superficie del área= 10000 m<sup>2</sup>; 1 MJ= 1000000 J. *Energía recibida sobre la superficie= 16,4 MJ/m<sup>2</sup>.día\*365 días/año\*10000m<sup>2</sup>/ha\*1000000 J/MJ\* (1-0,2)* (Albedo=20% expresado en decimal)= 4,78E+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.* Superficie del área= 10000 m<sup>2</sup>; Precipitación media anual= 0,6788 m/año (TRMM); 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= 10000 m<sup>2</sup>/ha\*0,6788 m/año\*1000 kg/m<sup>3</sup>\*4940 J/Kg= 3,35E+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 media a 2 m de altura= 2 m/s (FAO, 1985); Superficie= 10000 m<sup>2</sup>; Densidad del aire= 1,3 kg/m<sup>3</sup>; Coeficiente dragg= 0,001 (adimensional). *Energía cinética del viento= 2 m/s\*3,16E+07 s/año\*10000 m<sup>2</sup>/ha\*1,3 kg/m<sup>3</sup>= 8,21E+08 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Brandt-Williams, 2002.

**4 Ciclo de la Tierra:** *Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra= Superficie\*flujo de calor para áreas estables.* Superficie=10000 m<sup>2</sup>; Flujo de calor para áreas estables= 1,00E+06 J/m<sup>2</sup>.año (Odum, 1996). *Ciclo de la tierra-calor profundo de la tierra= 10000 m<sup>2</sup>/ha\*1,00E+06 J/m<sup>2</sup>.año=1,00E+10 J/ha.año.* Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**5 Agua para consumo animal:** Consumo de agua = 6,37E+03 lt/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Martín *et al.*, 2006.

**6 Recursos forestales:** Energía necesaria para la formación de recursos forestales=cantidad de recursos extraídos/superficie utilizada= (80000 kg/año)/1475ha= 54,23 kg/ha\*año. Referencia del valor de transformidad: Ortega *et al.*, 2002.

**7 Pérdida de suelo:** Pérdida de energía por erosión= tasa de erosión \* %materia orgánica del suelo \* contenido energético de la materia orgánica. Tasa de erosión= 1376 Kg/ha.año (Orúe *et al.*, 2007; Scotta *et al.*, 1986); Superficie=1 ha; % de materia orgánica del suelo=1,936 (Ciuffoli, 2013); Contenido energético de la materia orgánica= 5400 Kcal/kg (Odum, 1996). Pérdida de energía por erosión= 1376 Kg/ha.año\*0,01936\*5400Kcal/Kg\*4186,8 J/Kcal= 6,02E+08 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Odum *et al.*, 2000.

**8 Agua para consumo animal:** Consumo de agua = 6,37E+03 lt/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Martín *et al.*, 2006.

**9 Combustibles y lubricantes:** Consumo anual de combustible= consumo total (combustibles + lubricantes)\*contenido energético= Labor\*Nº de labores realizadas\*litros consumidos/ha.

Labores realizadas=Bomba=1\*0,93lt/ha; Motores= 1\*10 lt/ha; Rastra= 1\*3,33 lt/ha. Total= 14,26 lt/ha.año

Consumo de lubricantes (%12 del combustible)= 14,26 lt/ha.año\*0,12= 2,91 lt/ha.año

Consumo anual de combustible= (14,26+2,91 lt/ha.año)\*3,66E+07 J/lt= 6,28E+08 J/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Odum *et al.*, 2002.

**10 Maquinaria:** Peso de la maquinaria= Peso de la maquinaria/vida útil\*horas de trabajo por hectárea\*Nº de labores por año. Bombas= 0,135 tn/9000hs \* 0,61 hs/ha \* 1000 kg/tn=0,00915 kg/ha; Motor= 0,072 tn/9000 \* 1 hs/ha \* 1000 kg/tn= 0,016 kg/ha; Rastra= 13,8 tn/5000 \* 1 hs/ha \* 1000 kg/tn= 0,92. Peso de la maquinaria= 0,00915 kg/ha+0,016kg/ha+0,92kg/ha= 0,94 kg/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Brown y Bardi, 2001.

**11 Tanque Australiano:** (Peso del tanque/vida útil)/ sup. del predio= (9,24 tn (Chandias, 1960)/20años)/1495 ha= 0,00031 tn/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Odum, 1996.

**12 Bebederos:** Peso \* nº de bebederos/ vida útil= g/año. Peso por hectárea= g.año<sup>-1</sup>/superficie del predio= (1500 kg/bebedero (Chandias, 1960) \* 30 bebederos \* 1000g/kg)/ 30 años= 1500000 g.año<sup>-1</sup>/1495ha= 1003,34 g/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Brown y Buranakam, 2003.

**13 Suplemento dietario:** Gastos en alimentación suplementaria= 37,01 \$/ha.año = 6,49 US\$/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**14 Gastos en sanidad animal:** Gastos= 41,9 \$/ha.año = 7,35 US\$/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**15 Labores:** Costo total de labores= nº de labores realizadas\*costo de labor

Costo de labores= Maquinaria=1\*1,47US\$/ha.año; Trabajo= 1\* 23,4 US\$/ha.año. Costo total de labores= 24,87 US\$/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**16 Servicios:** Costo por honorarios profesionales= Honorario veterinario= 2,7 US\$/ha.año; honorario administración= 34,93 US\$/ha.año. Costo total por servicios= 37,63 US\$/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**17 Impuestos:** Costo total en impuestos= 36,53 US\$/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.

**18 Carne:** Kg de carne producida \* contenido energético= 63,7 kg/ha.año \* 13,36 MJ/kg \* 1000000 J/Mj = 8,51E+08 J/ha.año.

**19 Reemplazo de animales:** (Nº de Terneros seleccionados para reposición \* peso \* contenido energético)/superficie del predio= [30 terneros/año \* 170 kg/ ternero \* 13,36 MJ/kg \* 1000000 J/Mj]/ 1495 ha = 4,56E+07 J/ha.año.

**20 Carbón:** (Cantidad de carbón producido anualmente \* contenido energético del carbón) / superficie del predio= (80000 kg/año \* 7500 Kcal/kg (FAO, 1987) \* 4186 J/Kcal) / 1495ha= 1,68E+09 J/ha.año.

**Energía recibida por la venta de productos:** (127,6 +131,95) US\$/ha.año \* 1,08E+12 sej/US\$= 1,42E+14 sej/ha.año. Referencia del valor de transformidad: Ferreyra, 2001.