

TRABAJO FINAL DE CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA
“ANÁLISIS DE LA SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA DEL MODELO DE
PRODUCCIÓN DE PAPA EN EL SUDESTE BONAERENSE”

NOMBRE DEL ALUMNO: Ignacio Ridao

N° DE LEGAJO: 24645/5

DNI: 31.299.125

DIRECCION DE CORREO ELECTRÓNICO: ignaciorida@gmail.com

TELÉFONO: (2266)539151

NOMBRE DEL DIRECTOR: Santiago J. Sarandon.

FECHA DE ENTREGA: 16-11-18

Resumen

En el presente trabajo se analizó la sustentabilidad energética del sistema de producción de papa en el sudeste bonaerense. Dicho análisis, se efectuó mediante un estudio de caso en un establecimiento del sudeste bonaerense, de producción promedio tipo de papa de la zona.

Se realizó el relevamiento diario de la actividad desde el inicio de lote, preparación de tierra, y todos los procesos hasta la cosecha inclusive. Se consideró la energía ingresada al sistema (insumos) y la energía salida en forma de producto papa y se obtuvo la eficiencia energética del sistema.

A partir del resultado de eficiencia energética, se profundizó en el desglose de esa eficiencia y cuáles fueron los factores intervinientes en dicho resultado.

Si bien el resultado de la eficiencia energética del sistema fue positivo, hay otras producciones que arrojan valores muy superiores con ingresos energéticos mucho menores y no tan dependientes de recursos no renovables, como lo es hoy el sistema de producción de papas del sudeste bonaerense.

Se concluyó en que el sistema de producción de papa del sudeste bonaerense no es una práctica sustentable en el tiempo, debido a la alta dependencia de insumos externos no renovables, para el mantenimiento de altos rendimientos de producción.

Introducción

Hasta hace varias décadas, los rendimientos de los cultivos estaban basados principalmente en los recursos naturales propios de los agroecosistemas; el reciclaje de materia orgánica, los mecanismos de control biológico y el patrón de lluvia. Los rendimientos agrícolas eran modestos, pero estables. La producción era asegurada, sembrando más de un cultivo o variedad en el espacio y el tiempo como seguro en contra de la explosión de plagas o de la severidad del clima. La incorporación de nitrógeno se lograba con la rotación de los mayores cultivos con leguminosas. Al mismo tiempo, las rotaciones suprimían los insectos, las plagas y las enfermedades. La mayoría del trabajo era realizado por la familia, con el empleo ocasional de ayudantes y la utilización de equipos y servicios no especializados. En este tipo de sistema agrícola la relación entre la agricultura y la ecología era bastante fuerte y los signos de degradación ambiental eran raramente evidentes (ALTIERI, 1995).

En la medida en que la modernización agrícola avanzó, la relación entre la agricultura y la ecología fue quebrada en la medida en que los principios ecológicos fueron ignorados y/o sobrepasados. El actual sistema agrícola intensivo de capital y tecnología ha sido extremadamente productivo y competitivo, pero también trajo consigo una serie de problemas económicos, sociales y ambientales (CONWAY y PRETTY, 1991, SARANDON, 2002). Los avances tecnológicos que impulsaron la agricultura tuvieron como base un aumento en la demanda energética del sector, principalmente fuentes de energía de baja entropía, tomando como principal ejemplo el uso de combustibles fósiles (ROMANELLI, 2002).

Es necesario un modelo de agricultura más sustentable, entendida como aquella que mantiene en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades alimenticias, socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los

límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales (agroecosistemas) que los soportan. (SARANDON et al, 2006). A pesar de la aceptación de este concepto, los cambios tecnológicos en diferentes territorios de nuestro país, han estado orientados en sentido opuesto. La principal razón de este comportamiento se basa en que la elección de las tecnologías agropecuarias se hace, principalmente, en base a un análisis costo-beneficio, que desconoce el valor del capital natural como proveedor de bienes y servicios esenciales para el mantenimiento de la vida en el planeta (COSTANZA, 1997; DALY, 1997), y asume que los recursos naturales no deben ser amortizados (FLORES y SARANDÓN, 2002). Bajo este análisis, el aumento de la productividad a expensas del deterioro de los recursos naturales se contabiliza como un aumento de los ingresos cuando, en realidad, constituye una pérdida de capital (YURJEVIC, 1993; FLORES y SARANDÓN, 2002; FLORES y SARANDÓN, 2008). Decisiones que aparecen como económicamente racionales pueden ser, a su vez, ecológicamente insustentables (REES y WACKERNAGEL, 1999) generando externalidades y/o deterioro de los propios recursos productivos.

Uno de los recursos que actualmente está poniendo un límite a futuro en la producción agropecuaria es la disponibilidad de energía. La energía es necesaria para los agroecosistemas, porque estos son ecosistemas modificados, llevados a etapas sucesionales tempranas, las cuales son muy difíciles de mantener sin altos "inputs" energéticos, debido a que todo ecosistema por su naturaleza tiende a su estado climático. El problema es que 75% del uso primario de la energía a escala mundial está basado en combustibles fósiles (petróleo: 33%, gas: 19% y carbón: 23%) (FAO, 2000). A pesar de que las modernas técnicas de producción han logrado aumentar el rendimiento de los cultivos en las últimas décadas, la eficiencia energética (energía cosechada por unidad de energía utilizada) ha disminuido peligrosamente. Tal es el

caso de la producción de maíz en Estados Unidos (MASERA y ASTIER, 1993). Desde 1700 hasta 1900, el incremento en el uso de la energía (principalmente fósil) aumentó 17 veces, mientras que, en el mismo período, los rendimientos del maíz aumentaron sólo 3 veces (PIMENTEL et. al. 1990b). En China, DAZHON y PIMENTEL (1990) citan que, desde 1950, la energía utilizada en la agricultura (con el advenimiento de los fertilizantes sintéticos, pesticidas y maquinaria) aumentó unas 100 veces para incrementar los rendimientos 3 veces. En sistemas muy artificializados, como los cultivos en invernáculos, el consumo de energía puede ser enorme. En invernáculos (pimiento, pepino y berenjena) los valores de eficiencia energética pueden ser menores a 1 (OZKAN et. al., 2004), lo que pone en duda la sustentabilidad de estos sistemas.

La agricultura moderna se ha caracterizado por lograr altos niveles de producción a costa de elevados insumos energéticos (DAZHON y PIMENTEL, 1990), que en todos los casos, están reemplazando procesos ecológicos debilitados, como la regulación biótica o el ciclo de nutrientes. El modelo agrícola moderno, intensivo y altamente productivo, se basa en el uso de elevadas cantidades de insumos derivados del petróleo (energía cultural), en forma de aportes directos de combustibles e indirectos para la producción de agroquímicos, fertilizantes, maquinaria y semillas (GLIESSMAN, 2001). En algunos sistemas, la proporción de energía renovable representa solo un 7 a 16% de la energía primaria total utilizada, mostrando la alta dependencia de energía no renovable de los modelos intensivos de agricultura (GRÖNROSS et al., 2006). Es por esta razón que la eficiencia en el uso de la energía en los agroecosistemas, especialmente en lo concerniente a los combustibles fósiles (no renovables), se ha propuesto como un indicador de la sustentabilidad (PIMENTEL et al., 1990a; OZKAN et al., 2004).

En cierto sentido, la agricultura moderna de altos insumos consiste en transformar la energía proveniente de los combustibles fósiles en alimentos o fibra. La explotación petrolera es una actividad minera y no productiva y la posibilidad de mantener este ritmo de extracción por mucho tiempo, parece totalmente improbable (SARANDÓN, 2002). Las proyecciones más alentadoras acerca de la duración de este recurso, arrojan valores de 70 años (MONSANTO y SAGPYA, 2001), mientras que otros hablan de tan sólo 30 años y tal vez menos (CONNEMAN y FISCHER, 1999).

Es necesario entonces, un replanteo del modelo de agricultura, debido a que la posibilidad de producción de biocombustibles o agrocombustibles a gran escala, como alternativa a los combustibles fósiles, ha sido severamente cuestionada, por problemas energéticos, y su impacto sobre aspectos ecológicos y sociales (IERMANÓ y SARANDÓN, 2009a).

El gasto energético, para asegurar la regulación biótica del sistema, es atribuible a la disminución de la biodiversidad en los agroecosistemas que simplifica las cadenas tróficas (por la eliminación de las fuentes de alimentación y refugio de los enemigos naturales) y promueve una alta concentración de recursos alimenticios para las plagas (SWIFT et al., 2004). Varios trabajos han analizado la proporción de la energía total, que ha sido necesaria invertir para reemplazar a los procesos ecológicos de regulación biótica y ciclo de nutrientes. Esto varía de acuerdo al cultivo analizado y a la técnica asociada (IERMANÓ y SARANDÓN, 2009b; OZKAN et al., 2004; GEZER, et al., 2003). Por lo tanto, es preciso entender y fortalecer los procesos propios del ecosistema que permitan disminuir el uso de insumos, a través del diseño de sistemas que privilegien las tecnologías de procesos por sobre aquellas basadas en insumos.

Entender entonces como funcionan energéticamente los diferentes sistemas de producción es un buen paso en este sentido. Un ejemplo de esto es la producción de

papa en el sudeste bonaerense. La misma se caracteriza por ser una producción intensiva, basada en el monocultivo, con gran uso del agua subterránea, insumos, pesticidas y cada vez más mecanizada; donde los “inputs” de energía son mayores año a año para controlar enfermedades y plagas que van aumentando su tolerancia a los principios activos. Este modelo productivo “moderno” no sólo genera un deterioro edáfico y ambiental, además de pérdida de biodiversidad, sino también graves efectos económico-sociales por la tecnificación y tecnologización de la producción, generando disminución de mano de obra participante de la actividad.

Actualmente el mejoramiento de las variedades de papa ha incrementado los rendimientos potenciales de forma notable. Sin embargo, para alcanzar estas producciones resulta indispensable aumentar los ingresos de energía principalmente en forma de insumos agrícolas, maquinaria y combustibles fósiles.

Hipótesis de trabajo

El modelo de producción de papa que rige actualmente en el sudeste bonaerense, está basado en una gran demanda de energía no renovable, lo que presenta varios aspectos que atentan contra la sustentabilidad de la producción.

Objetivo del trabajo

Analizar la sustentabilidad energética del modelo actual de producción de papa en el sudeste bonaerense.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó mediante un “estudio de caso” en el sudeste bonaerense, partido de Lobería, Establecimiento “Santa María”.(Figura 2)

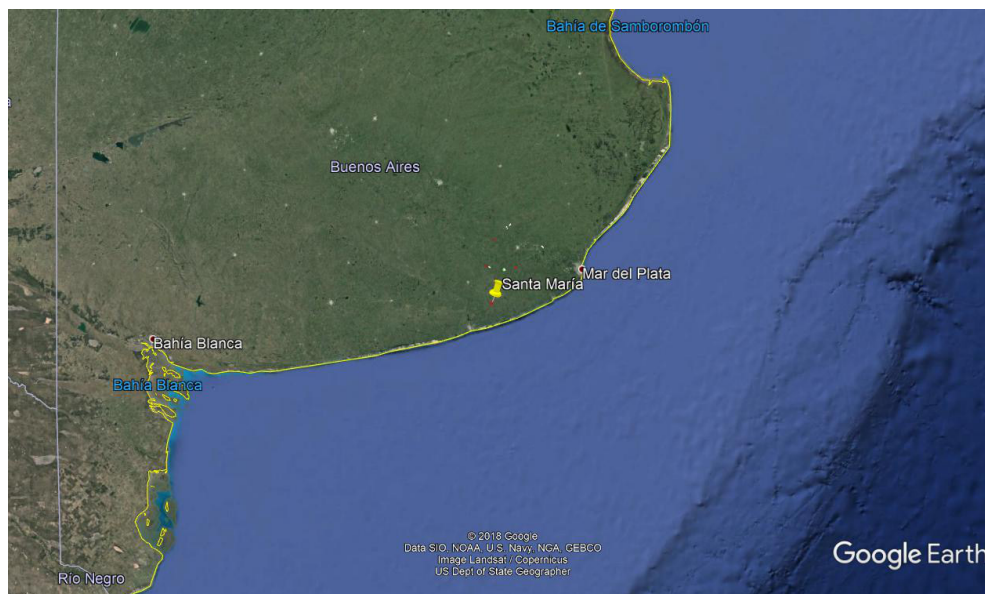


Figura 1: Ubicación del establecimiento “santa María” en la provincia de buenos aires.

Campo "Santa María"

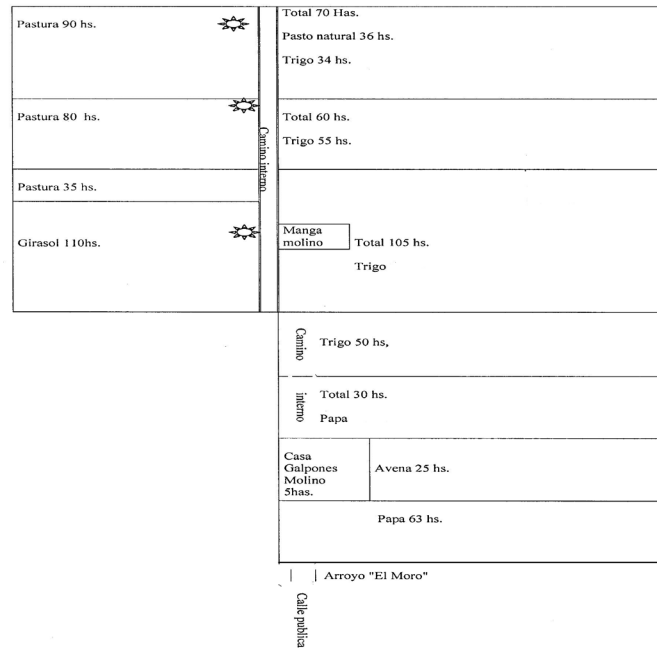


Figura 2: mapa del establecimiento Santa María del Sudeste Bonaerense

El mismo fue elegido, debido a que la forma de realizar el cultivo de producción de papa para consumo representa, al igual que otros establecimientos de la zona papera del sudeste, un claro ejemplo de cómo se lleva a cabo la producción en la región.

Es un establecimiento de producción agrícola-ganadera, consta de 900 hectáreas de superficie, donde se producen los siguientes cultivos de grano: trigo, girasol, maíz y soja. Además, se realiza cría bovina de Aberdeen Angus de biotipo carnívor. La producción de papa ocupa 90 hectáreas del establecimiento y representa

gran importancia dentro del planteo general del establecimiento por su inversión en capital y mano de obra para llevarse a cabo.

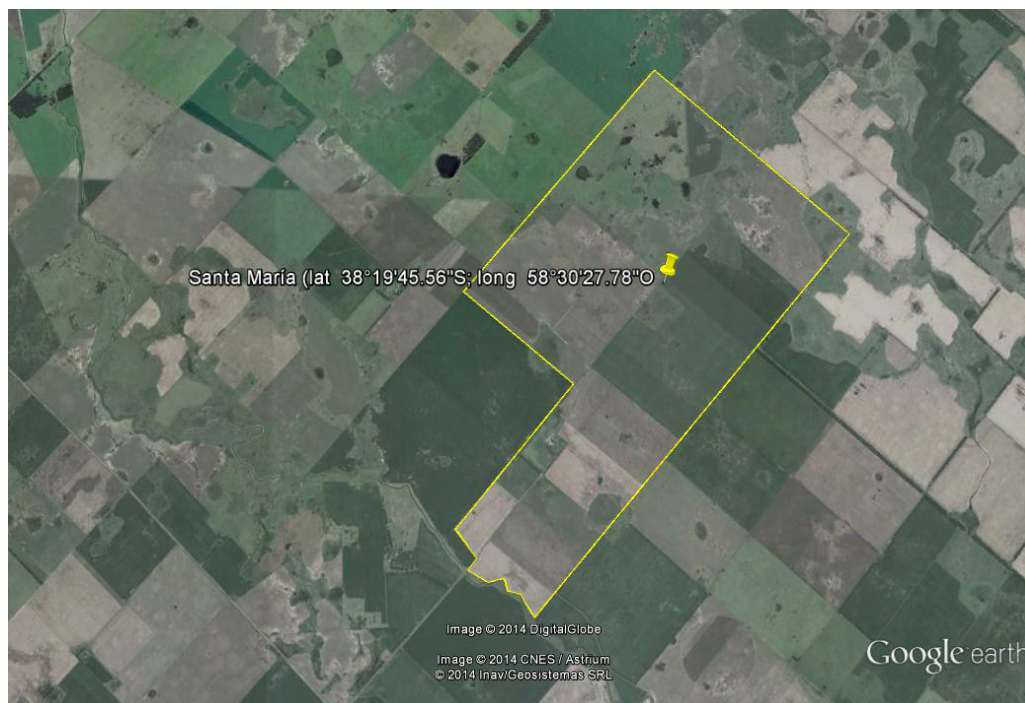


Figura 3: mapa de la ubicación del establecimiento

El partido de Lobería se encuentra en el sudeste de la Provincia de Buenos Aires. Limita al Norte con el partido de Tandil, al este con los partidos de Balcarce, Tandil y Alvarado (Miramar), al sur con el Océano Atlántico, y al oeste con el partido de Necochea. Su superficie es de 4.755 km². El clima es templado húmedo, con influencia oceánica. La temperatura promedio es en verano 17,6 °C y en invierno 8 °C. Las lluvias anuales son en promedio de 913,8 mm (los valores descienden a medida que se aleja del mar). Los vientos predominantes provienen del norte, del este y del sur.

Los suelos son delgados y rocosos, abundantes en materia orgánica y con buena disposición para las actividades agropecuarias. Desarrollados sobre un loess rico en nutrientes, pertenecen al orden de los Molisoles, caracterizados por ser

profundos y presentar un horizonte superficial oscuro. El grupo predominante es el de los Argiudoles con una disminución gradual en el contenido de arcilla del horizonte B, en sentido este-oeste. Hacia el sudoeste existen pequeñas áreas de suelos intrazonales hidromórficos y Haplustoles del subgrupo thapto nátricos. Se considera que los suelos con mayor aptitud son aquellos en los que la ausencia de tosca por encima del metro de profundidad confiere buena capacidad para almacenar agua.

En cuanto al relieve, cabe decir que el partido está atravesado en la zona Norte por el Sistema de Tandilia. En el Sur se desarrolla la llanura interpuesta, que se prolonga hacia los partidos vecinos.

La orografía existente en el lugar es generadora de dos cuencas, encontrándose casi la totalidad del partido en la del sur. Por su parte los arroyos se agrupan en dos subcuencas: los afluentes del río Quequén Grande y los que van a desembocar directamente al mar. El distrito es cruzado por diferentes cursos de agua, y en su recorrido se encuentran encontrando diferentes arroyos.

El Sudeste Bonaerense es considerado “zona papera por excelencia” debido a las condiciones edafoclimáticas que presenta, que son ideales para lograr cultivos de papa con altos rendimientos. Entre éstas, se destacan las oscilaciones térmicas de primavera-verano, caracterizadas por días cálidos y noches frescas, la estructuración de los suelos, la materia orgánica y el régimen de precipitaciones.

La conjunción de todos estos factores, hacen de la zona una gran productora de papa para consumo e industria.

En este establecimiento, cuyas características salientes se señalaron precedentemente, fue que se analizó el sistema de producción de papa. Se relevaron los datos de las labores e insumos para la producción de papa, utilizados durante todo el ciclo de producción del cultivo, desde la preparación de la tierra hasta la cosecha

inclusive. Se consideraron las labores de preparación del suelo, los insumos utilizados, la producción y la utilización de maquinaria. Obtenida toda la información de campo, se analizó:

Eficiencia Energética (E.E): $E.E = E.S/E.I$

Es la relación entre la energía salida (E.S.) y la energía ingresada (E.I) al sistema de producción. Estas energías fueron calculadas en base a la energía asociada* a cada insumo en cada tarea realizada.

**Energía asociada: es la energía utilizada en la fabricación de cada uno de los insumos utilizamos en el sistema de producción.*

Los valores de energía asociada a cada insumo provienen de una tabla de energía asociada con fuente de diferentes autores, recopilada por el curso de Agroecología de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP.

La unidad de medida de la energía utilizada fue el Mega joule/Ha.

Para el relevamiento de los datos y el posterior análisis de la energía del sistema se consideró la “Energía Cultural”.

Energía cultural: *Energía utilizada por los seres humanos para optimizar la producción de biomasa en los agroecosistemas. Este análisis de los flujos y la eficiencia energética de los agroecosistemas fue promovido y desarrollado, entre otros, por David Pimentel, investigador de la Universidad de Cornell, EE.UU.*

En sus estudios, claramente queda expuesta la baja eficiencia en el uso de la energía de los sistemas altamente industrializados, enmascarada, a veces, por el bajo costo de los combustibles fósiles y por su alta productividad (Flores y Sarandon, 2005).

Respecto de las labores realizadas en la chacra, la energía ingresada (E.I) se calculó en base a la sumatoria de la energía asociada (E.As) a cada implemento utilizado de la siguiente forma:

Energía Ingresada por las Labores (E.I)= (Energía asociada del tractor+ E.As al implemento)* n° de pasadas.

Energía Ingresada por Fertilizantes= E.As al nutriente* concentración del fertilizante* kg aplicados

Energía Aportada por Pesticidas= E.As a (herbicida; fungicida o insecticida) según corresponda* dosis de aplicación*cantidad de aplicaciones.

Energía Aportada por Combustible= litros de combustible utilizados* E.As

Se analizó y calculó la energía y el porcentaje de participación de cada uno de los insumos y los procesos realizados en la chacra. A su vez, para un mejor análisis y comprensión del sistema de producción se reagrupó la energía en tres grupos: Regulación Biótica; Laboreo de suelo, siembra y cosecha; y Ciclo de Nutrientes.

La “regulación biótica” agrupa la energía que se utiliza en el control de insectos, hongos y malezas; para que el cultivo llegue a su mayor expresión de rendimiento en producto.

El grupo “laboreo de suelo, siembra y cosecha” concierne la energía utilizada en la preparación de la cama de siembra, la siembra del cultivo y su posterior cosecha.

El “ciclo de nutrientes” representa la energía que se utiliza en forma de fertilizantes en el cultivo; principalmente en fósforo y nitrógeno.

Resultados

En La tabla n°1 se muestra la energía que ingresa al agroecosistema en el modelo de producción de papa, en forma de herbicidas, fungicidas, insecticidas, fertilizantes, maquinaria, combustibles y semilla. Además se muestra la energía salida (E.S) del sistema en forma de producto “papa” y el porcentaje en el que conforman el producto, en forma de energía, cada uno de los insumos ingresados al sistema de producción.

	Herbic	Fungic	Insect	fertiliz	maquin	Comb	papas
E.I Mj/ha	2184,71	4266,25	6316,27	25284,8	3282,76	63591	10750
E.S Mj/ha	236500	236500	236500	236500	236500	236500	236500
% del pcto.	0,92	1,80	2,67	10,69	1,39	26,89	4,55

TABLA N°1. Tabla Resumen de energía ingresada (E.I) por Insumo y su participación en la composición energética del producto (E.S.) en un sistema de producción de papa en el sudeste bonaerense.

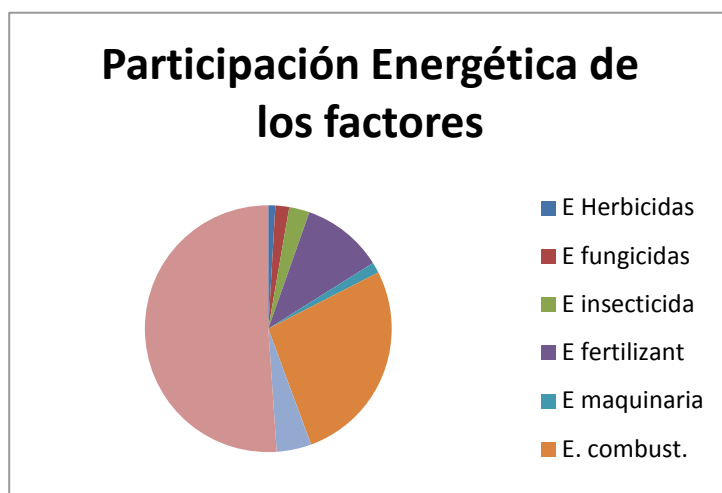


Figura n°4: Participación Energética de los factores referida como proporción del total

Como denota la tabla 1, la producción de papa en el sudeste bonaerense, es una actividad extensiva, altamente intensificada en insumos externos y con un alto grado de mecanización agrícola. Este nivel de intensificación en insumos, se ve reflejado en un agroecosistema llevado a etapas sucesionales tempranas, las cuales son mantenidas por los altos inputs energéticos de los pesticidas (herbicidas, insecticidas, fungicidas) que no permiten el normal avance del agroecosistema a etapas sucesionales maduras. Ésta mantención de las etapas sucesionales tempranas del agroecosistema, se ven justificadas en el modelo de producción por la “alta productividad” de los sistemas, acompañado del éxito económico.

La eficiencia energética obtenida del modelo de producción de papa en el sudeste bonaerense fue la siguiente:

$$\text{Eficiencia energética} = 236500/127132,94 = 1,86$$

Este resultado nos dice que por cada unidad energética que ingresa al agroecosistema, en forma de insumos, labores, combustibles, entre otros; se producen 1,86 unidades energéticas, que salen en forma de producto “papa consumo”.

Se observó una participación muy fuerte del combustible, ya que dentro de la Energía Ingresada (E.I) al sistema productivo, más del 60% es en forma de combustibles, proveniente de un recurso no renovable, el petróleo (Tabla 2). Seguido a esto, los fertilizantes y pesticidas ocupan el segundo y tercer lugar de importancia en la utilización de energía, ambos también tienen su origen en el mismo recurso no renovable.

TABLA N° 2. Participación energética por insumo.

	Pesticidas	Maquinaria	Combustible	Fertilizante	Sumatoria
E.por rubro	12767,23	3282,76	63591,06	25284,28	104925,34
Participación(%)	12,17	3,13	60,61	24,10	100

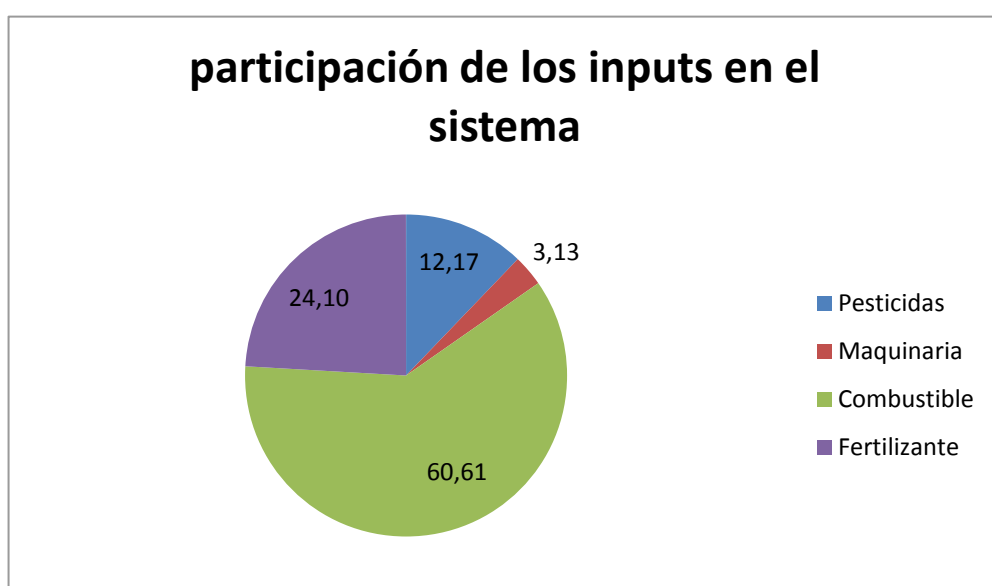


Figura n° 5: Participación de los inputs en el sistema

Este gráfico representa la participación que posee la energía que ingresa al sistema productivo en forma de pesticidas, maquinaria, combustibles y fertilizantes.

Analizando los “inputs” energéticos al sistema agrupados bajo el sistema de clasificación propuesto en la página 13, el cálculo de las participación porcentual de cada categoría en el total arroja los siguientes resultados que se exponen en la Tabla 3.

Tabla n°3.Tabla resumen de división energética según rubros “regulación biótica”, “laboreo de suelo, siembra y cosecha”; y “ciclado de nutrientes”

	Regulación biótica	Laboreo de suelo, siembra y cosecha	Ciclado de nutrientes
Energía	14328,64	103431,9	25414,38
Energía (%)	10,01	72,24	17,75

*Los valores expresados en esta tabla resumen, están comprendidos por la energía asociada (E.A) a todos los componentes necesarios en cada rubro. Por ejemplo en la regulación biótica, participan la E.A de los agroquímicos utilizados en el proceso, además de la E.A a cada implemento utilizado y el combustible gastado.

Se observó una muy fuerte participación de “laboreo de suelo, siembra y cosecha” seguida en mucha menor representación del “ciclo de nutrientes” y por último la “regulación biológica”

TABLA N°4: RESUMEN DE ENERGIA INGRESADA AL SISTEMA DE-PRODUCCION.

2184,71	Energía ingresada por herbicidas por ha
4266,25	Energía ingresada por fungicidas por ha
6316,27	Energía ingresada por insecticidas por ha
25284,28	Energía ingresada por fertilizantes por ha
3282,76	Energía ingresada por maquinaria por ha
41334,27	
11457,60	Energía humana
63591,06	Energía ingresada por combustible
116382,94	
1561,41	E I en la aplicación de herb, insect, fung
103431,90	E I por laboreo siembra y cosecha
25414,38	E I en el ciclo de nutrientes

Esta tabla resumen reagrupa y ordena la energía ingresada al sistema, bajo las diferentes formas por la cual ingresa dicha energía. Es el resultado de la simplificación de la planilla de campo que se encuentra en el anexo.

Discusión

Desde el punto de vista de la sustentabilidad, es importante analizar la eficiencia con que se utiliza la energía cultural para la conversión de energía solar en biomasa (Gliessman, 2001).

El valor de eficiencia energética obtenido en el sistema de producción de papas fue 1,86. Este cociente, si bien es mayor a 1 lo que indica que se obtiene más energía de la que se consume para producir en este modelo de producción, también permite observar, cuando estudiamos las partes que conforman el coeficiente de eficiencia energética, la gran dependencia de recursos no renovables que tiene esta forma de producir papa en el sudeste bonaerense. (FIGURA N°3). La Eficiencia Energética arroja un valor bajo, si consideramos que hay producciones con menor utilización de energía cultural en el mundo que producen una eficiencia energética bastante más alta. Cabe mencionar por ejemplo la producción de maíz no mecanizada en México (EI = 7:1), la producción pastoril de leche y carne en África (EI =10:1) y la producción no mecanizada e irrigada de arroz en Tailandia (EI = 38:1)(Anónimo).

Si consideramos que la papa es el cuarto alimento que se consume en el mundo, debemos asumir que el costo energético que hoy tenemos para producirla en el sudeste bonaerense es altísimo. Esto es perceptible no sólo por la baja eficiencia energética que revela el análisis, sino también por los diferentes componentes que conforman esa eficiencia energética.

El resultado de esta baja eficiencia energética no es otra cosa que la consecuencia emergente de la filosofía de la revolución verde. Ésta se resume en alta productividad, que resulta de la alta simplificación del sistema productivo, y la grandes inversión de energía para mantener los sistemas en etapas sucesionales tempranas y lograr la máxima expresión de los cultivos, o sea, modificar el ambiente a merced de la mayor productividad, sin considerar en base a qué insumos generemos estos sistemas de producción y cuánto nos cueste.

Los sistemas convencionales actuales son altamente dependientes de los aportes de energía cultural industrial. Este tipo de energía ha contribuido al aumento de la productividad de los sistemas agrícolas ya que es energía de mayor calidad (o más concentrada) y, por lo tanto, tiene mayor capacidad de realizar trabajo (una Kcal. de energía en forma de combustible fósil tiene capacidad de realizar cerca de 2000 veces más trabajo que una Kcal. de radiación solar). Si bien también proviene del sol esta energía que por el proceso de fotosíntesis, fue concentrada y convertida a carbono hace millones de años, no pertenece al flujo actual de energía solar y es, a diferencia de ésta, un recurso no renovable que, por lo tanto, se agotará en un futuro más o menos cercano. Esto pone en evidencia la imposibilidad de sustentar los sistemas actuales de producción de alimentos. (Gliessman, 2001). Considerando lo expuesto por este autor se pone de manifiesto que la forma en la cual hoy se produce papa en el sudeste bonaerense es inviable en un futuro no muy lejano, ya que se sustenta en un sesenta por ciento en combustible, cuyo origen es petróleo, recurso no renovable.

Si profundizamos en la discusión de los resultados, el componente que sigue en importancia en la producción de papa son los fertilizantes. Los mismos explican un 24,10% de la eficiencia energética que hoy genera la producción de papa en el sudeste. Claramente esto desemboca en el mismo insumo fósil, ya que son derivados

del petróleo, además de requerirse un alto gasto energético para poder producirlos. Considerando que más de un 90% de la participación de los fertilizantes en la producción de papa pertenece al nitrógeno y que este pertenece a un ciclo gaseoso entre la atmósfera y los seres vivos que puede ser reciclado rápidamente, se deberían comenzar a estudiar formas de poder reciclar el nitrógeno, vía asociación de bacterias libres o asociadas a leguminosas, de manera tal que permitan tener más nitrógeno disponible para el proceso productivo y así poder disminuir la utilización de fertilizantes sintéticos. De esta forma se lograría disminuir la utilización de energía para la fabricación de fertilizantes nitrogenados, los cuales son altamente costosos energéticamente.

Si nos concentramos en el fósforo, nutriente de ciclo sedimentario, esencial para el crecimiento de las plantas, vemos que el reciclado del mismo es de gran lentitud, por lo cual, no queda otra forma que incorporarlo al sistema productivo en forma de fertilizante. Si bien este se requiere en menor proporción, no es menos importante.

Los agroecosistemas altamente simplificados tienen menor eficiencia en el uso de los recursos, por ello, muchos nutrientes no son utilizados y aumentan los riesgos de lixiviación.

Sabemos que los agroecosistemas modernos son sistemas abiertos a los nutrientes por tener un producto de cosecha. Debido a esto no se pueden autoabastecer de nutrientes y requieren la incorporación de nutrientes externos para contrarrestar las salidas en producto.

Si queremos una agricultura sustentable, la cual implica por definición mantener constante el capital natural y la calidad de los recursos, entramos en una discusión en la cual no podemos dejar de ingresar al sistema energía en forma de fertilizantes para intentar compensar la energía salida en forma de nutrientes, componentes del

producto. El desafío hacia adelante sería intentar disminuir las incorporaciones empezando a entender al ecosistema y utilizando sus herramientas cicloras de nutrientes.

Por otro lado, los pesticidas con un 12% de participación, no son un caso menor, si bien parece un porcentaje pequeño en la participación de la eficiencia energética de la producción de papa.

Por otra parte el mismo paradigma de alta productividad, al llevar los agroecosistemas a etapas sucesionales tempranas, conlleva a no tener otra especie herbácea en el cultivo, ningún insecto que lo dañe y ningún hongo, bacteria o virus que lo enferme. El producto de este sistema, es una alta utilización de pesticidas en contra de los agentes que puedan reducir la producción. Este escenario de eliminación total de biodiversidad, termina con importantes herramientas ecológicas de bajo costo energético que podrían ser muy útiles a la hora de posibles ataques de agentes que dañen la producción. Estas herramientas son los mecanismos de regulación biótica que presentan en su naturaleza los ecosistemas y que el hombre no ha sabido utilizar en toda su potencialidad. Por otra parte, los pesticidas traen otros problemas, como ser la contaminación de cauces de agua, los residuos en alimentos, el daño a las personas, la eliminación de enemigos naturales, el aumento de la presión de selección hacia formas resistentes tanto de insectos como de malezas y la ruptura de resistencia de las plantas a parte de las enfermedades por falta de diversificación.

Conclusión

Inmensidad de problemas se presentan dentro de este modelo de supuesta alta productividad bajo el cual hoy se produce papa en el sudeste bonaerense. Considerando la hipótesis de trabajo: “El modelo de producción de papa que rige actualmente en el sudeste bonaerense, está basado en una gran demanda de energía no renovable, lo que presenta varios aspectos que atentan contra la sustentabilidad de la producción”, cabe decir que dicha hipótesis ha sido confirmada por medio del estudio de caso donde se refleja la demanda incesante de insumos provenientes de energía no renovable para la obtención del producto papa en altos rendimientos sin considerar la sustentabilidad y sostenibilidad del sistema de producción a través del tiempo.

Este modelo, tiene un futuro bastante incierto, ya sea desde la visión energética misma, tanto como desde las visiones social y ecológica.

La disciplina agroecología, que hace un estudio holístico y sistémico de los agroecosistemas, ha sido fundamental en el entendimiento del funcionamiento de la revolución verde y sus efectos. Por otra parte ha sido y es un disparador importante de la idea de que hay posibilidades de hacer las cosas de forma diferente y entender los agroecosistemas y sus virtudes desaprovechadas y de esta forma poder empezar a pensar en un agroecosistema sustentable.

Es indispensable, empezar a pensar y cambiar el sistema productivo de alta producción a expensas de inmensos “inputs” energéticos, provenientes de recursos no renovables. También es necesario entender que el normal funcionamiento de los agroecosistemas y las leyes naturales que los gobiernan tendrá que ser el camino a seguir hacia sistemas productores de alimentos sustentables en el tiempo.

Bibliografía

- ALTIERI, M. A. (1995) *Agroecología: principios y estrategias para diseñar una agricultura que conserva recursos naturales y asegura la soberanía alimentaria*". 192 pp. Universidad de California, Berkeley, USA:
Disponible en http://portal.mda.gov.br/portal/saf/arquivos/view/ater/livros/Agroecologia_-_principios_y_estrategias.pdf
- CONNEMANN, J., FISCHER, J. (1999) Biodiesel in Europe 2000, biodiesel processing, technologies and future market development". *Symposium Biodiesel-Fuel from vegetable oils for compression-ignition engines*. Technische Akademie Esslingen, Alemania, mayo de 1999.
- CONWAY, G. R., PRETTY, J. N. (1991). *Unwelcome harvest: agriculture and pollution*. 676 pp. Earthscan Publisher, London.
- COSTANZA, R. (1997) La economía ecológica de la sostenibilidad. Invertir en capital natural. pp. 103-114. En: *Medio ambiente y desarrollo sostenible. Mas allá del informe Brundtland*. (Goodland, R, y Daly, H. E., Eds.) Editorial Trotta, Madrid, España..
- DALY, H. (1997) De la economía del mundo vacío a la economía del mundo lleno. El reconocimiento de un viraje histórico en el desarrollo económico. pp. : 37-50. En: *Medioambiente y desarrollo sostenible. Mas allá del informe Brundtland*. . (Goodland, R, y Daly, H. E., Eds.). Editorial Trotta, Madrid, España.
- DAZHONG, W., PIMENTEL, D. (1990) Energy flow in Agroecosystems of Northeast China. p. 322-336. En: *Agro ecology: Researching the ecological basis for sustainable agriculture*. (Gliessman, S., Ed.) Springer-Verlag, Amsterdam, Holanda.
- FAO (2000) *The Energy and Agriculture Nexus. Environment and Natural Resources Working Paper No. 4*. FAO, Rome, 2000. 94pp.
- FLORES, C. C., SARANDÓN, S. J.(2008) ¿Pueden los cambios tecnológicos basados en el análisis costo-beneficio cumplir con las metas de la sustentabilidad? Análisis de un caso de la Región de Tres Arroyos. Argentina. *Revista Brasileira de Agroecología*. 3: 55-66.
Disponible en: <http://www6.ufrgs.br/seeragroecologia/ojs/>.
- FLORES, C. C., SARANDÓN, S. J., IERMANÓ, M. J. (2004) Eficiencia energética en sistemas hortícolas familiares del partido de La Plata, Buenos Aires, Argentina. Anales (CD-ROM) *II Congreso Brasileiro de Agroecología, V Seminário Internacional sobre Agroecología, VI Seminário Estadual sobre Agroecología*, Porto Alegre, 22 al 25 de Noviembre de 2004, Porto Alegre, Brasil. 278 MAP. 4pp.
- FLORES, C. C., SARANDÓN, S. J. (2002) ¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? El ejemplo del costo oculto de la pérdida de fertilidad del suelo durante el proceso de Agriculturización en la Región Pampeana Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Plata*. V. 105: 52-67.
- GEZER I, ACAROGLU M , H HACISEFEROGULLARI (2003). Uso de la energía y el trabajo en la agricultura de albaricoque en Turquía. *Biomasa y bioenergía* , 24:215-219.
- GLIESSMAN, S. (2001) *Agroecologia. Processos ecologicos em agricultura sustentavel*. Segunda Edição. Editora da Universidade Rio Grande do Sul, Brasil.. 653 pp.
- GRONROSS, J. SEPPÄLÄ, J., VOUTILAINEN, P., SEURI, P., KOIKKALAINEN, K. (2006) Energy use in conventional and organic milk and rye bread production in Finland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 117: 109-118.

- HERNÁNZ, J. L., GIRÓN, V. S., CERISOLA, C. (1995) Long term energy use and economic evaluation of three tillage systems for cereal and legume production in central Spain. *Soil & Tillage Research* 35: 183-198.
- HERNANZ, J. L., GIRON, V. S., CERISOLA, C., NAVARRETE, L., QUINTANILLA, C. F. (1992) Análisis de la energía consumida y de los costos de producción de tres sistemas de laboreo ensayados en tres cultivos extensivos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Investigación Agraria, producción y protección de vegetales. Separata N° 8. 7:209-225.
- IERMANÓ, M. J., SARANDÓN, S. J. (2009a) ¿Es sustentable la producción de agrocombustibles a gran escala? El caso del biodiesel en Argentina. *Revista Brasileira de Agroecología*. 4:4-17.-
Disponible en <http://www6.ufrgs.br/seeragroecologia/ojs/>
- IERMANÓ, M. J., SARANDÓN, S. J. (2009b). Análisis de la demanda de energía en tres cultivos oleaginosos de clima templado, según distintos procesos ecológicos. *Libro de resúmenes del VI Congreso Brasileiro de Agroecología, II Congreso Latinoamericano de Agroecología*, Curitiba, Brasil, 9-12 de noviembre de 2009.
- MASERA, O. ASTIER, M. (1993) Energía y Sistema alimentario en México: Aportaciones de la Agricultura Alternativa. pp. 17-34. En *Agroecología y Desarrollo Agrícola en México* (Trujillo, J y Torres-Lima, P., Eds.), Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco, México DF, México.
- MONSANTO, SAGPyA (2001). Seminario de Biodiesel “El futuro del pasado”, Santa Fe 2001 [en línea].
Disponible en <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/0-/index/institucional/biodiesel/master.pdf> visitada en octubre de 2003.
- OZKAN B., KURKLU, A., AKCAOZ, H. (2004) An input–output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. *Biomass Bioenergy* 26:89–95.
- PIMENTEL, D., BERARDI G , FAST, S. (1990a) Energy efficiencies of farming wheat, corn, and potatoes organically. pp. 151-161. En: *Organic farming current technology and its role in a sustainable agriculture. ASA special publication number 46*. Segunda edición. American Society of Agronomy- Crop Science Society of America-Soil Science Society of America. Madison. EEUU.
- PIMENTEL, D., DAZHONG, W., GIAMPIETRO, M. (1990b) Technological changes in energy use in US Agricultural Production. pp. 305-322. En: *Agro ecology: Researching the ecological basis for sustainable agriculture*. (Gliessman, S. R. Ed.) Springer Verlag, Holanda.
- REES, W. E., WACKERNAGEL, M. (1999) Monetary analysis: turning a blind eye on sustainability. *Ecological Economics* 29: 47-52.
- ROMANELLI, T. (2002) Modelagem do balanço energético na alimentação suplementar para bobinos. Universidade de Sao Pablo. Sao Pablo, Brazil. 129 pp.
- SARANDÓN, S. J. (2002) La agricultura como actividad transformadora del ambiente. El impacto de la Agricultura intensiva de la Revolución Verde. pp. 23-47. En: *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable* (Sarandón S. J. Ed.). Ediciones Científicas Americanas, La Plata, Argentina.
- SARANDÓN, S. J., ZULUAGA, M. S., CIEZA, R., GÓMEZ, C., JANJETIC, L. NEGRETE, E. (2006) Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Revista Agroecología* 1:19-28.
- SMITH, G. (1974) Metabolismo energético y metabolismo de los ácidos grasos volátiles. pp. 242-247. En: *Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Nutrición*. (Church, D., Ed.). Volumen 2. Editorial Acribia. Zaragoza. España.

- SWIFT, M. J., IZAK, A. M. N., VAN NOORDWIJK, M. (2004) Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes-are we asking the right questions?. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 104:113-134.
- TAMAGNO, L. N., CHAMORRO, A., BEZUS, R., SARANDÓN, S. J. (2009). Evaluación de la Eficiencia Energética en Seis Cultivares de Colza Canola en La Plata, Argentina. *II Congreso Latinoamericano de Agroecología*. Curitiba, Brasil, 9 a 12 de noviembre de 2009.
- YURJEVIC, A. (1993) Marco conceptual para definir un desarrollo de base humano y ecológico. *Agroecología y desarrollo, CLADES, Chile*, 5-6:2-15.