UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE ECONOMÍA

EFICIENCIA ENERGÉTICA Y RENTABILIDAD ECONÓMICA DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICO Y AGROINDUSTRIAL

Trabajo recepcional en la modalidad de
TESIS

Que para obtener el título de
MAESTRA EN ECONOMÍA AMBIENTAL Y ECOLÓGICA

Presenta
Paula Natalia Campos Albarán

Director

Dr. Darío Fabián Hernández González

Co-director

Dr. David Pérez Neira

XALAPA, VERACRUZ MAYO, 2016

INDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I…….. 9
INTRODUCCIÓN…..…… 9
1. Planteamiento del problema de investigación……. 12
1.1 Propósito……..….. 12
1.2 Preguntas de investigación…….. 12
1.2.1 Pregunta central…….. 12
1.2.2 Preguntas específicas…… 12
1.3 Objetivos de investigación…… 13
1.3.1 Objetivo general…….. 13
1.3.2 Objetivos específicos……. 13
1.4 Justificación……. 13
1.5 Hipótesis…….. 14

CAPÍTULO II…….. 15
2. Antecedentes……..…… 15
3. Marco teórico……..…… 18
3.1 Crisis alimentaria..……..….. 18
3.1.1 Industrialización de la agricultura..…….. 19
3.1.1.1 Características de la agricultura industrial…….. 20
3.1.1.2 Consecuencias ambientales de la agricultura industrial……... 21
3.1.1.3 Consecuencias sociales de la agricultura industrial…….. 22
3.1.2 Globalización alimentaria e instituciones internacionales…… 22
3.1.2.1 Especulación financiera con los alimentos...…….. 24
3.1.2.2 La creciente demanda de los agrocombustibles……..……. 25
3.1.3 Efectos de la globalización en el campo mexicano…….. 26
3.1.4 Dependencia energética de la agricultura y cambio climático...… 27
3.2 Alternativas agroalimentarias..……..…… 29
3.2.1 Agroecología…….. 30
3.2.1.1 Principios de la agroecología…… 31
3.2.1.2 El agroecosistema……... 33
3.2.1.3 La energía en el agroecosistema……. 34
3.2.1.4 La sostenibilidad en el agroecosistema……... 37
3.3 Economía ecológica…….…… 38
3.3.1 Entropía y economía.……. 42
3.4 Sustentabilidad débil y sustentabilidad fuerte……... 45
3.4.1 Indicadores económicos y biofísicos de sustentabilidad….…… 47
3.5 Análisis energético en agricultura..…… 48

CAPÍTULO III……. 51
4. Metodología……..…….…... 51
4.1 Selección muestra y recolección de datos…..…….. 51
4.1.1 Restricciones o supuestos del modelo…… 52

4.1.2 Características de las fincas y elaboración de inventarios…….. 53
4.1.2.1 Huerto Industrial de la Hacienda “Ojuelos”, La Tinaja – Xalapa, Veracruz…… 54
4.1.2.2 Huerto Agroecológico “El Charco”, Teocelo – Veracruz……... 55
4.1.2.3 Huerto agroecológico “Las Cañadas Bosque de Niebla”, Huatusco – Veracruz…… 56
4.2 Metodología del análisis energético……... 57
4.2.1 Limites del sistema……. 57
4.2.2 Salidas-entradas energéticas y equivalencia masa-energía……... 58
4.2.2.1 Salidas energéticas (output energético)…….. 58
4.2.2.2 Entradas energéticas (inputs energéticos)…….. 58
4.2.3 Estimación de los indicadores para el análisis energético…….. 60
4.2.4 Estimación de los indicadores para el análisis económico…… 60

CAPÍTULO IV…… 62
5. Resultados……. 62
5.1 Resultados energéticos……. 62
5.2 Resultados económicos…… 66
6. Análisis y discusión…….. 70
6.1 Análisis Energético…… 70
6.2 Análisis Económico…… 74

CAPÍTULO V…..... 77
CONCLUSIONES……..…….. 77
PROPUESTAS DE INVESTIGACIÓN…….. 80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS……. 81
ANEXOS……...……. 89
ANEXO 1. Cuestionario de recolección de datos…… 89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables técnico-económicas de la producción de los sistemas agrarios estudiados……..…… 53
Tabla 2. Equivalentes energéticos de los insumos (β_i)……..... 59
Tabla 3. Producción total y productividad energética…… 62
Tabla 4. Estructura de costos energéticos……... 62
Tabla 5. Composición de input según tipo de energía……... 64
Tabla 6. Indicadores energéticos……... 65
Tabla 7. Estructura de costos monetarios…… 66
Tabla 8. Ingresos por ventas y beneficio…….. 67
Tabla 9. Indicadores económicos…….. 68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de insumos energéticos en agricultura…… 35
Figura 2. Análisis Combinado de tres atributos de los sistemas sostenibles: diversidad, productividad y eficiencia. Caracterización con base en cuatro modelos de agricultura…….....…… 36
Figura 3. Jerarquía de sistemas…….…… 41
Figura 4. Límites del sistema de producción agrícola……... 58

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Estructura de costos energéticos de la producción en función del manejo productivo excluyendo el costo asociado a la fertilización (%) …… 63

SIGLAS

AE	Análisis Energético
AUP	Agricultura Urbana y Periurbana
BE	Balance Energético
BEnr	Balance Energético No Renovable
BM	Balance Monetario
CTE	Consumo Total de Energía
CTEnr	Consumo Total de Energía No Renovable
ED	Energía Directa
EDnr	Energía Directa No Renovable
EI	Energía Indirecta
EInr	Energía Indirecta No Renovable
EC	Energía de Capital
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
GEI	Gases de Efecto Invernadero
FMI	Fondo Monetario Internacional
HA3	Huerto Agroecológico 3
HA2	Huerto Agroecológico 2
HI1	Huerto Industrial 1
OE	Output Energético
OMC	Organización Mundial del Comercio
PNE	Producción Neta de Energía
TLC	Tratado de Libre Comercio
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

A partir de la Revolución Industrial la agricultura tuvo una decisiva transformación que consistió en el parcial abandono de las técnicas tradicionales de producción rural y la subsiguiente implementación de técnicas industriales basadas fundamentalmente en la mecanización agrícola y la utilización masiva de nuevas fuentes energéticas. La agricultura nunca volvió a ser la misma y hacia la década de los años sesenta otras tendencias renovaron ese sistema de producción alimentario industrial. La Revolución Verde disparó las tasas de rendimiento de la producción agrícola mediante la aplicación de tecnología desarrollada en países del Norte. El conocimiento científico fue la base de este cambio tecnológico que consistió en la implementación de semillas comerciales y tratadas para dar respuesta a plagas, enfermedades y agroquímicos; fertilizantes, pesticidas y herbicidas; así como el aumento de la mecanización agrícola (Soler y Rivera, 2010).

La incorporación de estos insumos se tradujo en una elevada utilización de petróleo en la actividad agraria. En la historia de la humanidad no se habían visto hasta ese momento tales rendimientos a escala, ni tanta utilización de energía para alimentar a la población mundial. Las grandes extensiones de cultivo de una sola especie, conocidos como monocultivos, dominaron tanto el paisaje rural como los mercados de comercialización de alimentos con el objetivo de responder a la naciente globalización alimentaria. Dentro de este sistema productivo la biodiversidad es inexistente lo que lo hace vulnerable a plagas y enfermedades. Es allí donde radica la imprescindible utilización de agroquímicos, que terminan por afectar la fertilidad del suelo, la calidad del agua y del aire (Delgado, 2010) y se proyecta en bajas de los rendimientos de producción a largo plazo.

La influencia del Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional (FMI) en las decisiones alimentarias de los países, con la posterior aparición de la Organización Mundial del Comercio (OMC), constituyeron sucesos que fomentaron la apertura económica y la liberalización de la agricultura a nivel mundial (La Vía Campesina, 2008). Este hecho se juntó a las iniciativas nacionales para responder a una demanda de alimentos creciente mediante la imposición de políticas agrarias acordes a la nueva dinámica del mercado alimentario. Este aumento en la demanda se relaciona con la migración de los campesinos a las ciudades, evento que redujo significativamente la población productora, mientras se ejercía mayor presión y control sobre la productividad de los campesinos que permanecieron cultivando el campo.

Posteriormente emergen grandes corporaciones transnacionales que toman dominio de toda la cadena alimentaria incluyendo la distribución y comercialización de alimentos así como de los agroinsumos (GRAIN, 2008; Delgado, 2010). En los ochenta, la crisis alimentaria en México tuvo como origen tres sucesos importantes: la aparición y el funcionamiento de estas corporaciones en el sistema alimentario nacional; el debilitamiento del poder del Estado en la regulación de precios de los cultivos básicos; y la entrada en vigencia del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). La producción interna de alimentos nativos, como el maíz y el frijol, se vio afectada debido a dos hechos trascendentales. El primero consistió en el sometimiento de estos cultivos a un proceso de industrialización para responder a la demanda de alimentos empacados; y el segundo fue la fijación de cuotas de importación libres de arancel a estos granos.

Aunado a la industrialización de la agricultura, la dependencia del petróleo y la globalización del sistema agroalimentario, otros factores como la especulación financiera con los alimentos y la creciente demanda de agrocombustibles son causantes de la crisis alimentaria global; una crisis que se suma a los problemas ecológicos, energéticos y económicos por los que atraviesa la humanidad. Estas crisis han incentivado a diferentes sectores de la sociedad en la búsqueda de alternativas agroalimentarias que tienen como objetivo combatir un futuro escenario de escasez de recursos energéticos, deterioro ambiental, poca disponibilidad de alimentos, desempleo, pobreza y hambre. Dentro de estas alternativas y desde el enfoque de la agricultura sostenible se encuentra la agroecología, disciplina científica que parte de la crítica de la modernización y propone formas alternativas de manejo, con una perspectiva y un claro compromiso socio-político. La propuesta fundamental que se gesta desde la agroecología consiste en la transición de una producción industrial/convencional de alimentos –monocultivos- hacia una producción más sostenible basada en los principios de la agricultura tradicional campesina, aquella que toma en consideración el contexto social, ecológico, ambiental, económico y cultural de las comunidades (Altieri, 2007) para lograr la soberanía alimentaria.

El desarrollo de la agricultura industrial ha sido paralelo a la consolidación de un modelo económico basado en el productivismo y el crecimiento. El reduccionismo de la economía convencional cuyo centro de análisis ha sido los flujos monetarios, subestima los aspectos biofísicos como los flujos de energía y de materiales. Se originan así dos acepciones de la sostenibilidad, una débil y una fuerte. La débil se guía por los parámetros de la economía convencional que sólo tiene en cuenta aquellos factores a los cuales se les puede asignar valor monetario. Mientras tanto la noción fuerte de la sustentabilidad, guiada por los principios de la economía

ecológica, abarca todos los factores que poseen valor intrínseco; por lo tanto la agroecología concuerda con la noción sustentabilidad de sustentabilidad fuerte.

La metodología utilizada en esta investigación es el Análisis energético, propuesto por IFIAS (1978), mediante el cual es posible determinar el nivel de sostenibilidad de la actividad agrícola desde la comprensión de la dependencia que los sistemas tienen del petróleo y la ineficiencia energética de los mismos (Pérez-Neira, 2010). De esta manera se tiene la posibilidad de comparar diferentes técnicas agrícolas desde una perspectiva alterna a la rentabilidad económica (Martínez-Alier y Roca, 2013). Mediante la generación de indicadores se determinó la eficiencia energética y la rentabilidad económica de tres sistemas de cultivo en municipios del Estado de Veracruz con el objetivo de evaluar la sostenibilidad de los sistemas de manejo agroecológico y agroindustrial estudiados.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 PROPÓSITO

Se considera que la agricultura actual es una de las principales actividades económicas contaminadoras y generadoras de gases de efecto invernadero. Las características estructurales que hacen de la agricultura industrial una actividad insostenible se relacionan con la alta dependencia del petróleo y de insumos externos así como la baja eficiencia energética en la producción; contextualizadas en un escenario de cambio climático y escasez de recursos energéticos. A largo plazo esta agricultura no tiene el potencial para producir suficiente alimento como demanda la población debido a que está erosionando las condiciones ambientales, agronómicas y sociales que la hacen posible (Gliessman, 2002). El surgimiento y desarrollo de una nueva agricultura, alternativa, viable y sostenible se habría debido precisamente a los umbrales de insostenibilidad de la agricultura industrial. Mediante la aplicación de la agroecología ha emergido una agricultura sostenible que conserva los recursos que hacen posible la actividad agraria y preserva la integridad del medio en que ésta se desenvuelve (Ruiz, 1994).

La finalidad de este estudio de caso es identificar las principales causas de la (in)sostenibilidad en tres sistemas agrarios particulares de los municipios de Xalapa, Teocelo y Huatusco, Veracruz. Como instrumento de recolección de datos se utilizará un cuestionario que abarca todas las etapas del proceso de producción dentro de los sistemas mencionados.

1.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.2.1 Pregunta central

¿De qué manera se puede determinar el nivel de sostenibilidad de los sistemas?

1.2.2 Preguntas específicas

- ¿Cómo lograr un análisis más completo de la sostenibilidad de la actividad agraria actual?
- ¿Cuáles son las salidas y entradas de energía de los sistemas?
- ¿Cuáles son los costos de producción y los ingresos por ventas de los sistemas?

- ¿De qué manera se hace posible conocer la eficiencia energética y la rentabilidad monetaria de los sistemas?
- ¿De qué manera se puede saber cuál de los sistemas agrarios es el más sostenible?

1.3 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo general

Comparar la eficiencia energética y la rentabilidad económica, por kilogramo de hortaliza, de los sistemas de producción agroecológico y agroindustrial estudiados.

1.3.2 Objetivos específicos

- Vincular los aspectos materiales y energéticos con los cálculos económicos para tener un análisis integral de la sostenibilidad de los sistemas.
- Estimar las salidas y entradas energéticas.
- Estimar los costos de producción y los ingresos por ventas.
- Generar indicadores energéticos y monetarios a partir de las estimaciones.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La agricultura industrial es responsable de cerca de la mitad de gases de efecto invernadero total emitidos por actividades antropogénicas. En torno a esta preocupación, desde Europa se han propuesto los principales estudios que vinculan los análisis biofísicos con los económicos para evaluar la eficiencia energética y la rentabilidad como factores que limitan la sostenibilidad de los sistemas agrarios actuales. En Latinoamérica existen balances energéticos en cultivos hortícolas así como estudios acerca de la eficiencia energética en la producción agrícola. De esta manera la presente investigación resulta ser una iniciativa para que en México se continúe explorando y fortaleciendo este tipo de metodología como lo es el análisis energético y así fundamentar nuevas propuestas de hacer agricultura.

Igualmente se busca demostrar que, desde la agroecología, existe una manera diferente de producir alimentos que pueden convertirse en un importante complemento del tipo de producción industrial. La alternativa consta en implementar prácticas sostenibles en la agricultura que garanticen alimentos más sanos, servicios ambientales, funciones ecosistémicas, conservación de recursos naturales y de la biodiversidad así como condiciones sociales y económicas óptimas para la supervivencia de los humanos y otras especies. En el escenario actual de crisis

energética y cambio climático resulta pertinente sustentar de forma científica todas aquellas propuestas que promuevan la utilización de fuentes renovables de energía y/o la disminución de los insumos energéticos en la actividad agrícola, especialmente en países con alta densidad poblacional como México.

Los indicadores económicos y energéticos que se han generado a partir de este estudio permiten evaluar el nivel de eficiencia energética y la rentabilidad económica de tres sistemas agrarios con dos tipos de manejo: convencional y agroecológico. La contribución principal de esta investigación al conocimiento actual consiste en destacar todos aquellos factores e insumos que hacen de la agricultura una actividad más sostenible. Por tanto otra de las intenciones de este trabajo es promocionar y expandir la práctica agroecológica entre los productores agrícolas de la región para que se generen, desde la sociedad, estrategias que ayuden a enfrentar problemas alimentarios regionales derivados de la industrialización de la agricultura y la globalización del sistema agroalimentario (Delgado, 2010).

1.5 HIPÓTESIS

El tipo de manejo agroecológico es considerado más sostenible en comparación con el tipo de manejo agroindustrial, ya que el primero es más eficiente en la utilización de energía no renovable y tiene mayor rentabilidad económica por cada kilogramo de hortaliza producida al año.

CAPÍTULO II

2. ANTECEDENTES

Las innovaciones tecnológicas que trajo la Revolución Industrial contribuyeron a la aparición de nuevas formas energéticas que movieron al mundo de forma nunca antes vista en la historia de la humanidad. Para el caso de la agricultura, la innovación significó el remplazo paulatino de la mano de obra por maquinaria; un gran paso que inevitablemente condujo a la sociedad a vivir una transición de una economía basada en la producción rural a una producción industrializada. Los rendimientos de los campos aumentaron desaforadamente y de forma simultánea los tiempos de producción se disminuían (Altieri y Nicholls, 2000). Los procesos estrictamente productivos se hicieron eficientes y a medida que esta eficiencia económica crecía otros aspectos de la vida cotidiana de los trabajadores y consumidores se veían en decadencia debido a la falta de empleo, los problemas en la salud y los deterioros de los espacios naturales.

Una de las repercusiones principales de la modernización e industrialización de la agricultura en el planeta está relacionada la utilización creciente de energías no renovables, como los combustibles fósiles e insumos a base de petróleo. El análisis pionero de Odum (1967) permitió abrir la discusión sobre la utilidad de la contabilidad energética para evaluar los insumos utilizados en la producción de alimentos; su contribución es fundamental en la medida que propuso incluir otros insumos además de la energía solar y los combustibles fósiles, es decir, aquellos factores proporcionados por el ambiente y la economía tales como el aire, el agua, el suelo, la materia orgánica y la fuerza de trabajo.

Desde mediados de los setenta otras investigaciones en torno a la relación entre la agricultura y la energía, siguieron la idea del ecólogo de sistemas Howard Odum quien expuso por primera vez que la agricultura moderna consiste en “cultivar con petróleo”. Las investigaciones que acompañaron y continuaron su propuesta, analizaron diferentes modelos agrarios desde una perspectiva energética, hecho que encendió la discusión sobre la productividad de la agricultura moderna.

Uno de los trabajos más reconocidos es el de David Pimentel en el cual demostró la disminución en la eficiencia energética del cultivo de maíz en Estados Unidos debido al aumento en el uso de petróleo y sus derivados -fertilizantes, pesticidas herbicidas-. Después contrastó este caso con el del cultivo de milpa en México el cual reveló mayor eficiencia energética (Martínez-Alier y Roca, 2013).

Por su parte Pimentel y Pimentel (1979) propone la idea de contabilizar la energía almacenada en los alimentos, debido a su vital función en la vida humana y animal. En cuanto a la investigación de Puntí (1982) se empieza a hablar de la importancia de estudiar el balance de los flujos energéticos presentes en los procesos de trabajo, y desde esta perspectiva asegura que las innovaciones aplicadas a la agricultura son menos eficientes energéticamente.

En la década de los ochenta, Leach (1981) sugiere que las metodologías de la economía convencional, las cuales sólo incluyen en sus estadísticas el consumo directo de energía, deben ser complementadas con la aplicación del análisis energético; ya que éste da la posibilidad de conocer el flujo total de energía dentro de una sociedad, pues en la contabilidad se incluye tanto el consumo directo como el indirecto de materias primas energéticas.

Un avance significativo se logró con el trabajo de Campos y Naredo (1980), trabajo pionero en calcular los balances energéticos de la agricultura española de los años 1950 y 1951 para enfrentarlos con los balances energéticos de los años 1977 y 1978; con el propósito de identificar, por medio de un análisis de los flujos de energía, el punto en el que la agricultura en España tuvo un gran cambio tecnológico y los efectos de este suceso. De esta manera este trabajo abrió el debate sobre la ausencia de los factores materiales y energéticos de la actividad agrícola en los cálculos económicos. Se evidenció que la economía estaba desvinculada de la naturaleza y los recursos naturales de los que tanto depende.

Los trabajos de los autores mencionados marcaron un precedente para el estudio de la agricultura desde la perspectiva ecológico-energética y del cual se han desprendido diversas investigaciones a lo largo del mundo hasta la fecha. Es así como las iniciativas latinoamericanas surgieron con los trabajos de Sarandón y Lermanó (2005) el cual, desde el enfoque de la agroecología, analizó la eficiencia energética de la producción de biodiesel a partir de cuatro cultivos oleaginosos, tales como soja, colza, girasol y algodón, bajo dos modalidades productivas: alta y baja fertilidad. La conclusión es que en el proceso de producir biodiesel el gasto de energía es mayor que el que se obtiene de él, haciendo energéticamente inviable su producción.

Por su parte, Funes-Monzote (2009) trató el tema de la energía en los agroecosistemas, expuso algunos casos aplicados de modelos energéticos sustentables en Cuba; asimismo propuso herramientas y el sistema computarizado Energía 3.01 para calcular la eficiencia energética. En Argentina, Denoia y Montico (2010) analizaron la gestión de energía en cultivos de papa, tomate y lechuga en un lugar próximo a la ciudad de Rosario. Para este análisis se tuvieron en cuenta los

ingresos de materia a cada sistema y la producción, los cuales se multiplicaron por sus contenidos energéticos. Se analizó la energía directa e indirecta relacionada con los cultivos. Por último generaron indicadores energéticos como la eficiencia energética (EfE) y la productividad energética (PE).

El trabajo de investigación que se esboza en el presente documento tomó como referencia principal los trabajos de Pérez-Neira (2010) y Grollmus (2013). En el primer trabajo se especifican los aspectos metodológicos de los estudios energéticos en la agricultura, asimismo se esfuerza por comprender la economía y la agricultura desde un enfoque de Jerarquía de Sistemas. Esta investigación demuestra la utilidad del Análisis Energético para generar indicadores de sustentabilidad de la actividad agrícola. Aquí se presentan los resultados del análisis energético de la agricultura ecológica en Andalucía, España: aquellos referentes al consumo y al balance energético. Esto retoma el debate sobre la dependencia energética del esquema actual de producción de alimentos. Asimismo, la reflexión sobre las ventajas y límites ofrecidos por la agricultura ecológica como alternativa económico-energética.

Grollmus (2013) es el principal trabajo de referencia ya que allí se analiza el comportamiento energético en la agricultura periurbana de Sevilla, España. En esta investigación se generaron indicadores energéticos y monetarios para el estudio de la sostenibilidad de dos tipos de sistemas hortícolas –convencional y ecológico-. Cabe aclarar que este estudio se desarrolló en el contexto socioeconómico particular de España y por lo tanto se creyó pertinente extender esta misma línea de investigación, sobre la relación entre energía, economía y agricultura, hacia el contexto mexicano.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 CRISIS ALIMENTARIA

El mundo está siendo afectado por una carencia alimentaria generalizada que no permite satisfacer las necesidades nutricionales de la población (Martínez y Duch, 2011). Son los países más pobres aquellos que padecen de forma más aguda el complicado acceso a alimentos sanos, inocuos y oportunos; no obstante, la producción de alimentos se ha tornado tan controversial que incluso en países desarrollados las personas están optando por alternativas alimentarias. La falta de acceso a los alimentos por parte de la población se presenta por alzas en el precio de los alimentos, lo que muestra un escenario con diversos factores que son causantes de la crisis alimentaria global (Rosset, 2006; Martínez y Duch, 2011). Algunos organismos internacionales como la FAO afirman que las causas fundamentales del caos alimentario, son aquellas que no se relacionan directamente a la producción de alimentos y carne (FAO, 2008); mientras que algunos movimientos ciudadanos y campesinos creen que la forma de producir alimentos y el funcionamiento del sistema agroalimentario industrial son las principales razones por las cuales se ha desencadenado esta crisis (La Vía Campesina, 2008).

La FAO siendo un organismo multilateral, afirma que la crisis alimentaria mundial se debe principalmente al agotamiento de reservas de alimentos y a la subida masiva de los precios de aquellos considerados elementales. En el informe sobre la crisis alimentaria de 2007 y 2008, la FAO sugería para ese momento que esta crisis no debía atribuirse exclusivamente a factores desencadenantes relativamente recientes: el alza del precio del petróleo, la caída del dólar, el abandono de la agricultura, las condiciones del clima, la escasez de agua, los altos precios de los insumos agrícolas, la especulación financiera, la restricción a las exportaciones en algunos países exportadores, la producción de biocombustibles y las malas cosechas; sino que además se debían incluirse como factores coadyuvantes aquellos relacionados con los cambios demográficos y de consumo/demanda, que se venían incubando desde hacía un largo plazo (FAO, 2008).

En general, organismos como el FMI, Banco Mundial, OMC y FAO destacan como principales esenciales las bajas en cosechas, la reducción de las reservas de granos, al aumento de consumo de carne en China e India, la crisis energética, el crecimiento de los biocombustibles, el aumento demográfico y la demanda mundial, así como los efectos del cambio climático. Pero existen causas financieras de la crisis alimentaria global que aún no han sido expuestas con claridad y formalidad. Por esta razón, organizaciones de campesinos e indígenas, agricultores de pequeña escala y

consumidores, quienes son los agentes más afectados por esta crisis, creen que existen otros elementos de raíz; insinuando que la crisis alimentaria es una consecuencia de la forma en que funciona el sistema económico y el agroalimentario (Delgado, 2010). Estas causas subyacentes de la crisis alimentaria tienen relación directa con la transformación de las zonas rurales en campos industrializados para dar respuesta a demandas internacionales que nacieron con la liberalización de la agricultura hacia finales de los ochentas. Esta globalización agroalimentaria además ha hecho que los alimentos se mercantilicen para poderlos insertar en un juego de especulación financiera a nivel mundial, donde los pequeños agricultores pierden poder y control sobre los precios de los alimentos que ellos mismos producen; de esta manera los campesinos encuentran que los precios de venta se establecen muy por debajo de sus costos de producción, trayendo pérdidas al productor. Latinoamérica así ha ofrecido sus campos para que este nuevo orden alimentario se mantenga, siendo México uno de los casos más destacados. Por otro lado, la escasez de combustibles fósiles ha forzado a que alternativas energéticas como los agrocombustibles tomen mayor preponderancia en un contexto de crisis energética y de alta dependencia del petróleo.

3.1.1 Industrialización de la agricultura

El principal suceso que contribuyó al aumentó de los complejos agroalimentarios fue la expansión del modelo industrial de producción de alimentos con la llamada Revolución Verde, que consistió en la implementación de importantes avances tecnológicos provenientes de los países del Norte con el objetivo de aumentar la productividad del sector agrícola, especialmente en países del Sur. Los nuevos paquetes tecnológicos propiciaron la polarización de la sociedad rural en dos clases de productores, los agricultores poderosos que podían obtener la tecnología agrícola para producir en grandes y bajas extensiones de tierra rica; y los campesinos pobres quienes no contaban con los recursos económicos para acceder a estas innovaciones. Estos campesinos además vieron la necesidad de recurrir a diferentes instancias: acceder a créditos para comprar los paquetes tecnológicos de la Revolución Verde (pesticidas, fertilizantes, mejoramiento genético, transgénesis, semillas híbridas) que se utilizarían en los nuevos sistemas de monocultivo agroindustrial; emigrar a las zonas marginadas de las ciudades donde establecieron una vida en condiciones precarias; o destruir la selva tropical o los bosques en las montañas para obtener nuevas tierras para la agricultura (GRAIN. 2008).

De esta manera, las tierras de millones de campesinos alrededor del planeta han sido acaparadas por grandes corporaciones (La Vía Campesina, 2008). La producción mundial de alimentos se encuentra bajo el poder de dichas corporaciones

transnacionales de alimentos que a su vez poseen el monopolio del capital e insumos agropecuarios; las patentes sobre semillas y alimentos; y al mismo tiempo disponen de prioridad en proyectos de inversión agrícola.

Esta agricultura industrial también es conocida como agricultura moderna, convencional, productivista o intensiva. La producción bajo este tipo de agricultura es llevada a cabo como un proceso industrial donde las hortalizas, plantas y árboles asumen una especie de rol de minifábricas, se maximiza el producto debido a la utilización de insumos externos, la eficiencia tiene lugar mediante la modificación genética y el suelo es un simple medio donde crecen las raíces de las plantas (Gliessman, 2002). Asegura este mismo autor que los mecanismos industriales que aumentan la productividad no aseguran la satisfacción de la demanda de alimentos para la creciente población mundial, ya que estos están deteriorando o erosionando las bases fundamentales que sostienen la productividad de los sistemas agrícolas.

3.1.1.1 Características de la agricultura industrial

La agricultura industrial es entendida como un sistema de producción en su mayoría artificial que busca el incremento de los rendimientos por unidad de superficie mediante el uso intensivo de energía proveniente de combustibles fósiles; especialización de la producción de monocultivos; la maximización de la producción y de las ganancias; se basa en el alto consumo de insumos externos; y adicionalmente no considera los ciclos biológicos y naturales durante el proceso productivo (Altieri y Nicholls, 2000). Todos estos factores han causado impactos ambientales negativos y en especial la dependencia de insumos energéticos externos provoca que estos sistemas se caractericen por su baja eficiencia energética (Rosset, 1999; Pimentel, 1997, 2006; Tilman *et al.* 2002).

Otras de las características importantes de la agricultura industrial son (Altieri y Nicholls, 2000; Gliessman, 2002; Funes-Monzote, 2009):

a) Sistemas de producción de monocultivo o cultivo de una sola especie vegetal.
b) Cultivos destinados de forma indistinta a alimentos, aceites o agrocombustibles.
c) Requerimiento constante de suministros: agua, fertilizantes y pesticidas químicos.
d) Confianza y dependencia en recursos no renovables: combustibles fósiles, energía eléctrica, fertilizantes y pesticidas químicos.
e) Mecanización de los procesos y disminución del trabajo humano.

f) Eliminación de la responsabilidad de los agricultores y campesinos de la producción de alimentos.
g) Infraestructura de riego sofisticada.
h) Intensificación del uso de tecnología para ahorro de trabajo manual y para la creación de organismos genéticamente modificados (OGM).
i) Producción de variedades nuevas de alimentos con mayor atractivo visual lo que contribuye económicamente a los países mediante el aumento de la exportación y el fortalecimiento del comercio internacional.
j) Transporte de los alimentos a mercados distantes.
k) Se enfoca en la eficiencia, lo que hace que se reduzcan los costos laborales.
l) Privatización de los medios de producción, del conocimiento tradicional y del contenido genético de especies (semillas) y caracteres determinados (variedades)

3.1.1.2 Consecuencias ambientales de la agricultura industrial

La artificialización y tecnificación ha hecho de la agricultura una actividad insostenible por su tendencia cortoplacista en cuanto a productividad y beneficio económico, mientras que involucra graves consecuencias ambientales a largo plazo y a diferentes escalas (Gliessman, 2002). Ruiz (1994) destaca que a nivel agronómico y a una escala de parcela, se han visto disminuidas la fertilidad de los suelos así como ha aumentado la erosión y el debilitamiento de los mismos debido a la alteración de la estructura y el equilibrio biológico; se presentan estancamientos de los rendimientos, o en los peores casos disminución y rentabilidades decrecientes por el alto uso de insumos externos; posibles riesgos para la salud humana debido a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas por parte del uso de agroquímicos así como por la eventual toxicidad de los alimentos.

Otras consecuencias importantes de la agricultura industrial son (Gliessman, 2002; Altieri y Nicholls, 2000; Funes-Monzote, 2009):

a) Sustitución de los procesos y ciclos naturales.
b) Contribución al calentamiento global: emisiones de óxido nitroso (NO_2) por la concentración agrícola de monocultivos y de dióxido de carbono (CO_2) por el transporte y la distribución a largas distancias.
c) Costos sociales y ambientales son considerados externalidades.
d) Contaminación del medio ambiente y otros campos mediante las variedades transgénicas.
e) Degradación de los recursos de los que depende la agricultura: suelo, agua y diversidad genética.

f) Deforestación de bosques y selvas para establecimiento de monocultivos o ganadería.

3.1.1.3 Consecuencias sociales de la agricultura industrial

El difícil acceso a los paquetes tecnológicos y el acaparamiento de tierras de campesinos por parte de grandes inversionistas agrícolas son algunos de los causantes de que la población rural se haya movilizado hacia los centros urbanos en busca de sustento de vida. Se está evidenciando una concentración de la población en las zonas urbanas junto con la ampliación de los mercados internacionales que globalizan la producción y la comercialización de alimentos cuyo principal objetivo es la maximización de los resultados económicos. La preocupación de obtener beneficios monetarios eclipsa los impactos sociales desplegados de la industrialización de la agricultura entre los cuales se puede destacar (Simón, *et al,* 2010; Gliessman, 2002; Sevilla, 2009):

a) Destrucción del empleo local.
b) Exclusión social y marginalización laboral.
c) Despojo de tierras y fomento de la emigración de campesinos a las ciudades.
d) Pérdida de establecimientos rurales y desplazamiento de la agricultura tradicional.
e) Alta utilización de maquinaria especializada que desplaza la mano de obra campesina, lo que empobrece a las comunidades rurales.
f) En pro de la eficiencia se apuesta por la disminución de los costos laborales (contratación temporal y/o precaria).
g) Considera la producción familiar en microparcelas de pequeña escala como una práctica poco eficientes desde el punto de vista mercantil.
h) Disminución de la diversidad sociocultural.
i) Pérdida del conocimiento tradicional agrícola.
j) Abandono de la agricultura tradicional campesina.
k) Migración del campesinado a la ciudad.
l) Afectaciones en la salud de los agricultores, sus familias y de los consumidores.

3.1.2 Globalización alimentaria e instituciones internacionales.

Existe un vínculo entre la pérdida de soberanía alimentaria y la implementación de políticas neoliberales a nivel mundial. El planeta está resistiendo la globalización del sistema agroalimentario (Delgado, 2010) y al “control corporativo de la producción y

el consumo” (Altieri, 2009:35). Los programas y reglas de la Organización Mundial del Comercio (OMC) sobre la producción agrícola, así como la extensión de los tratados de libre comercio (TLC), determinan la forma como se producen y comercializan los alimentos. Por ejemplo, la OMC mediante los Acuerdos sobre Agricultura (AoA) tiene el poder de limitar las funciones de los gobiernos para instaurar políticas agrarias (GRAIN, 2008); por otro lado, tienen un consolidado sistema de subsidios de exportación, acceso al mercado, tarifas y cuotas a los cuales se deben acoger los agricultores. Mientras tanto los TLCs juegan un importante rol al fortalecer el funcionamiento del libre mercado de los alimentos propuesto por la OMC (GRAIN, 2008:10).

Bajo los designios de la ventaja comparativa, las naciones se dedican a producir sólo algunos alimentos, lo que implica el abandono de la producción de otros con potencial suficiente dentro de las economías locales para cubrir las necesidades nutricionales de la población así como para conservar los alimentos y semillas nativas. Gradualmente, los productores nacionales se han encontrado en una encrucijada para sobrevivir: continuar produciendo aquellos alimentos autóctonos y nativos, usualmente a muy alto costo y con poco apoyo; o por el contrario responder a las tendencias de los mercados internacionales para obtener ventajas mínimas de producir para corporaciones transnacionales de alimentos. Trabajo que es la mayoría de veces forzado por el acaparamiento o despojo de tierras, a costa de la desaparición de alimentos nativos y formas de producción ancestrales que se encuentran en armonía con el sistema ecológico y sociocultural de cada comunidad (Sevilla, 2009).

Además de la influencia de los gobiernos de los países latinoamericanos para responder al nuevo orden alimentario, instituciones como el Fondo Monetario Internacional (FMI) y el Banco Mundial comenzaron a manipular las condiciones de la agricultura mundial; con la oferta de créditos para campesinos a muy altos intereses. Con esta estrategia condicionan y obligan a los gobiernos a eliminar barreras arancelarias a la importación de alimentos negociados en los TLCs y a liquidar empresas paraestatales de acopio y comercialización del sector público al igual que aquellas empresas estatales que conservaban las reservas de granos (Rosset, 2006). En cuanto a exportación, las divisas recibidas por este concepto han sido destinadas a cubrir la deuda externa, al igual que a la importación de otros bienes (Calva, 1988; Martínez-Alier y Roca, 2013).

Por varias décadas la globalización ha asignado los recursos alimentarios, deteriorando las economías nacionales (GRAIN, 2008). El hecho de que la actividad agropecuaria de cada país esté controlada y regulada por la OMC, y por lo tanto

regida por las normas o políticas internacionales a favor del sistema agroalimentario industrial, conduce a los pueblos a una inminente pérdida de soberanía alimentaria.

La Vía Campesina ha intentado definir la soberanía alimentaria:

> *"En palabras de Vía Campesina, soberanía alimentaria significa que los pueblos tienen derecho a producir su comida en su territorio en formas que refuercen los valores culturales de los pueblos y el medio ambiente. La soberanía alimentaria significa garantizar que los campesinos, los granjeros en pequeño y las mujeres rurales tengan el derecho a contar con todos los recursos necesarios para producir comida; tener un acceso mayor a la tierra y un control mayor sobre ésta y sobre las semillas, el agua, los créditos y los mercados. La soberanía alimentaria requiere una reforma agraria genuina y de gran alcance"* (Hernández y Aurélie, 2009).

3.1.2.1 Especulación financiera con los alimentos

La producción industrial de alimentos se caracteriza por no tener en cuenta los costos externos de producción también conocidos como *externalidades ambientales*. Esto provoca que el costo de producción de esta industria sea uno de los más bajos. Lo anterior sumado al alza en el precio de los alimentos hace que el sector agropecuario sea uno de los más rentables para los fondos de inversión agrícola, que especulan con las distintas situaciones que rodean el proceso de producción de alimentos. Es sabido que los precios de los alimentos son determinados de acuerdo a las negociaciones en el mercado de futuros de bolsas de valores de Londres, París y particularmente la de Chicago, pues ésta última representa el espacio central donde compradores y vendedores de productos agrícolas se encuentran para negociar (Vargas y Chantry, 2011). Estos mismos autores agregan que las variaciones de precios en los mercados de futuros influyen en las variaciones de los precios de los alimentos a los cuales hacen referencia los contratos de futuros.

De Schutter (2010:3) sugiere que la crisis alimentaria de 2008 causada por el aumento de los precios de los diferentes alimentos fue inusual desde la perspectiva que quizá fue "la primera crisis de precios que tuvo lugar en un contexto económico caracterizado por un enorme volumen de modalidades novedosas de especulación en los mercados de derivados relacionados con las materias primas". Definitivamente este autor sostiene que el factor que preocupa particularmente es la especulación con instrumentos derivados basados en productos alimentarios.

El aumento de la especulación en fondos de inversión agrícola es el reflejo de la creciente rentabilidad del sector. La inversión en futuros alimenticios se ha disparado las últimas dos décadas, llevando a la creación de fondos económicos, bancos inversores y grupos privados de capital (GRAIN. 2008).

De igual manera, las gigantes corporaciones transnacionales acaparan las ganancias tanto de la producción agrícola como de la venta de los agroinsumos. De esta manera dominan todos los eslabones de la cadena agroalimentaria globalizada, con una clara estrategia de integración vertical (Delgado, 2010). Estas corporaciones disponen de las patentes y llevan a cabo la modificación genética de plantas y animales. Asimismo, estos gremios empresariales son los que definen cómo y dónde se puede acceder a estos alimentos, al tener en su poder la venta y distribución de los alimentos, semillas tratadas, fertilizantes y pesticidas.

3.1.2.2 La creciente demanda de los agrocombustibles

La demanda energética se encuentra a punto de llegar a su pico máximo. El transporte, las tendencias de consumo, las actividades económicas incluyendo la agricultura misma, requieren fuentes energéticas constantes. Una demanda energética en aumento y los yacimientos de petróleo en disminución ponen a la orden un escenario de escasez en el cual los principales motores de la economía deben suplir este recurso por energías alternativas, como los agrocombustibles.

De las actividades que más consumen energía, el transporte es la principal acaparando el 60.3% del total de la producción (The Royal Society, 2008). Estados Unidos y Europa son los principales consumidores de energía, principalmente para transporte. Estas grandes economías se han planteado la opción de cambiar sus demandas energéticas de combustibles fósiles por agrocombustibles. Si bien la demanda se encuentra en aumento, los países latinoamericanos son los proveedores más apetecidos por tener ciertas ventajas comparativas: localización en el trópico que representa más productividad, mano de obra barata, grandes extensiones de suelo, mayor permisividad política y apoyo para los agronegocios (Del Riego, 2008). La soberanía alimentaria se ve amenazada porque los cultivos son destinados a ser convertidos en combustibles y no a suplir las necesidades alimentarias de la población; asimismo los pequeños productores son desplazados para permitir la producción de las grandes transnacionales lo que exacerba la pérdida de poder sobre el funcionamiento de los sistemas agroalimentarios locales y tradicionales. Entonces el precio de los alimentos que dependía hasta el momento del petróleo entra en una competencia con los combustibles lo que hace que se incremente todavía más (GRAIN, 2008).

3.1.3 Efectos de la globalización en el campo mexicano

Diferentes factores han causado crisis alimentaria a lo largo de la historia. Asegura Calva (1988) que la crisis agroalimentaria de México en la década de los ochenta tuvo remarcables causas económico-políticas. La primera se acredita a la caída de la demanda interna de alimentos. La segunda causa tiene relación con la baja en la rentabilidad de inversiones agrícolas y de acumulación de capital en algunas vertientes de la producción rural. La tercera causa se vincula con las políticas económicas ejecutadas por el Estado desde 1982. La crisis de 1982, en principio se debió a causas financieras y monetarias, no obstante, se convirtió en una crisis productiva no de tipo cíclico sino permanente.

A finales de los ochenta el sistema alimentario mexicano vivió una transición definitiva en la cual las grandes corporaciones comercializadoras y agroindustriales tomaban en definitiva el dominio del mercado alimentario nacional; al mismo tiempo sometían a sus condiciones a los campesinos. De igual forma hubo apertura de fronteras en resto de los países latinoamericanos para la importación de alimentos, mediante la implementación de acuerdos comerciales o tratados de libre comercio que redujeron o eliminaron las cargas arancelarias a los productos alimentarios. Una consecuencia de la liberalización de las economías fue la decadencia de la producción local de alimentos debido a que los precios de los importados resultan ser mucho menores a los locales, en parte porque los rendimientos de los países ricos aumentaron y los costos de producción disminuyeron, aunado a la eliminación de las tarifas arancelarias en países latinoamericanos (Delgado, 2010).

En especial, México resintió las consecuencias de este nuevo orden alimentario. De acuerdo a Rubio (2004) tres factores en particular incidieron de manera estructural en la agricultura mexicana. El primero de ellos tuvo que ver con la forma de dominio que desestructuró a los grupos de productores rurales; el segundo se relaciona con el declive de la producción de alimentos básicos; y el tercero con la agudización de la exclusión rural. A lo largo de la cadena de transformación de los productos agropecuarios se sumergieron todas aquellas agroindustrias que nacieron a partir de la globalización alimentaria. Por su parte, los supermercados asumieron el rol de la comercialización de los alimentos desplazando a los mercados locales y tradicionales. Es en México, que desde finales de los ochenta y durante los noventa se empieza a apreciar que el cultivo de maíz –uno de sus granos más fuertes- sufre un proceso de industrialización con la intención de responder a nuevas tendencias de mercado como lo fueron los alimentos empacados: las harinas, las tortillas, tostadas, snacks y fructosa para refrescos. Aunado a lo anterior, la comercialización del frijol a gran escala induce a los productores rurales a ceder frente al gran poder que representaba la agroindustria entrante. Para finales de los noventa, el Estado elimina

el principal mecanismo de regulación de precios de cultivos básicos dejando a la producción rural a la intemperie internacional; ya que en esta época se firma el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), en el cual tanto el maíz como el frijol se sujetaron a una cuota de importación libre de arancel, representando una amenaza a la producción local.

Así la *ventaja comparativa* ha sido la excusa económica perfecta para fomentar la cultura de exportación agrícola y el desvanecimiento de la soberanía y la seguridad alimentaria de los diferentes países, en especial los más pobres. Las economías deben exportar aquellos bienes para los cuales cuentan con ventajas productivas, bien sea por su eficiencia productiva o sus bajos costos de producción, es decir, aquellos bienes que representen alta densidad económica (Calva, 1988) y mayor flujo comercial. De la exportación de estos bienes, los países reciben a cambio divisas, usadas para importar aquellos bienes en los cuales no tienen ventaja comparativa, incluidos los alimentos. Pues este escenario constituyó una especie de crisis inducida en el campo mexicano; como sostiene Rubio, (2004), una crisis que se perpetuó y se hizo permanente debido a la opresión rural que ejercían las corporaciones extranjeras de alimentos gracias a la apertura comercial, a la disminución de la producción nacional, a la descomposición de la forma productiva y a la exclusión de los productores nacionales.

3.1.4 Dependencia energética de la agricultura y cambio climático

El papel del petróleo en la crisis alimentaria se analiza desde dos perspectivas. La primera tiene que ver con el aumento en la demanda energética junto con la disminución de yacimientos fósiles a largo plazo, que conducen aumentos en la demanda de los agrocombustibles y a alzas en el precio del petróleo. El recurso se hace poco rentable debido a su elevado costo de extracción (Warman, 1972; Campbell, 1992; Duncan y Youngquist, 1999; Korpela, 2006). Esta alza, por una parte, representa una amenaza a la viabilidad del sistema agroindustrial, y paradójicamente representa al mismo tiempo una oportunidad, ya que el alto precio del petróleo propicia el aumento de la producción de agrocombustibles, como una medida alternativa en épocas de escasez de petróleo. Los alimentos producidos ya no tienen el fin de alimentar a la población, sino que son destinados a mover todas las industrias dependientes de los combustibles fósiles, lo cual incluye a la agricultura misma.

Igualmente los hábitos y tendencias de consumo aumentan su dependencia del petróleo. Por su parte el transporte representa un consumo energético masivo, no obstante, las demás actividades económicas son tan responsables de dicho

consumo y las respectivas emisiones de dióxido de carbono CO_2. Todos los bienes de los cuales se hacen uso cotidianamente fueron obtenidos y/o transformados a partir de insumos a base de petróleo, por medio de máquinas que también se mueven con petróleo. Esta situación no es distinta en los distintos sistemas agroalimentarios puesto que los alimentos hoy en día se obtienen mediante tecnología agrícola dependiente casi en su totalidad del petróleo.

La economía necesita fuentes de energía concentradas y controlables con características deseables: extracción barata, fácil transporte y almacenamiento, así como la alta proporción de energía por unidad de peso y/o volumen (Heinberg, 2014); y considerando que el consumo energético en la agricultura industrial es entre 6 a 7 veces mayor por unidad de alimento obtenido, que el de la opción agroecológica (Banco Mundial, 2008)

Funes-Monzote (2009:4) apunta que en la actualidad se ha demostrado que "la combustión de hidrocarburos es la causa primordial de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), en especial de CO_2, responsables del calentamiento global y de otros fenómenos asociados que amenazan la supervivencia de todos los seres vivos". La utilización intensiva de recursos energéticos está incrementando la incidencia de la actividad agrícola al cambio climático global. Por su parte GRAIN (2008:11) asegura que la producción de alimentos es un promotor clave del cambio climático ya que "el proceso industrial entre que se producen los alimentos hasta que terminan servidos en nuestra mesa provoca cerca de la mitad de las emisiones de gases de efecto invernadero GEI generado por los humanos", esto es un 44% - 57% de todas las emisiones globales.

Otra responsabilidad clave de la agricultura industrial en el cambio climático tiene que ver con la deforestación y destrucción de bosques –fijadores de carbono- y sabanas para la instalación de forrajes destinados a la ganadería, la cual genera el GEI metano (CH_4). La deforestación causada por la expansión de la frontera agrícola es responsable del 70% y el 90% de la desforestación global. "Esto significa que unos 15-18% de las emisiones globales de GEI globales son causadas por el cambio en el uso del suelo al igual que por la deforestación" para la instalación de cultivos y forrajes (GRAIN, 2008:12).

Asimismo, el calentamiento del planeta, causado por GEI, tiene repercusión en la actividad agrícola, ya que disminuye la productividad de las tierras bien sea por sequías, inundaciones, cambios en los ciclos meteorológicos y/o térmicos, entre otros eventos extremos. Pese a que ambas formas de agricultura, industrial y ecológica son impactadas por el calentamiento global; las técnicas agroecológicas proveen adaptabilidad y resiliencia a los sistemas agrarios en campos y ciudades.

Esto hace que este tipo de agricultura sea una de las alternativas económico-energética más viables.

3.2 ALTERNATIVAS AGROALIMENTARIAS

Los impactos ambientales, sociales y económicos derivados de la industrialización de la agricultura motivaron a ciertos sectores críticos de la sociedad a crear una gran alianza internacional de organizaciones de campesinos, indígenas y agricultores familiares. Lo anterior con el fin de desarrollar una propuesta alternativa que restructuraría la producción y el consumo de alimentos a nivel local, nacional y mundial (Rosset, 2006). Esta iniciativa de la población rural se considera una estrategia de reconstrucción de los sistemas agrícolas (Kristiansen, 2006).

El surgimiento de estas alternativas agroalimentarias las cuales parten de una visión holística, tienen la intención de empapar de sustentabilidad a la agricultura, retomando la ciencia y la práctica agroecológica, esta última tan antigua como la agricultura misma (Altieri, 1999). Al retomar esas técnicas ancestrales de producción agrícola, que son congruentes con el medio ambiente y las funciones de los ecosistemas, se busca sustituir el manejo intensivo de la agricultura industrial y la alta dependencia de insumos externos dentro del sistema convencional de monocultivo; por un manejo de sistemas agrícolas diversificados, de baja intensidad de manejo que aproveche al máximo los recursos locales, los procesos y ciclos biológicos dentro del agroecosistema.

Los principios ecológicos aplicados a la agricultura y a los sistemas productivos de las comunidades indiscutiblemente aumentan la seguridad y la disponibilidad de alimentos inocuos, sanos y oportunos que además se valorizan de acuerdo al trabajo, las prácticas ecológicas y el esfuerzo de los pequeños productores (Altieri, 2007).

De manera paulatina millones de campesinos y agricultores de todo el mundo han transitado hacia una manera más sostenible de producir alimentos, reemplazando las prácticas industriales por aquellas que trabajan al ritmo de las leyes naturales. Mediante la agroecología se ha logrado que agricultores convencionales abandonen de forma gradual la protección de cultivos sintética, la fertilización química, la utilización de energía eléctrica, petróleo y sus derivados para garantizarse a sí mismos y al resto de la humanidad tierras productivas y sanas a largo plazo.

3.2.1 Agroecología

La aplicación de la ciencia de la ecología al estudio, diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles es lo que se conoce como agroecología (Gliessman, 2002). Considerada como una perspectiva de la agricultura que tiene en cuenta las características ambientales, económicas, políticas, sociales y culturales de las comunidades donde se desarrolla. Por esta razón su área de estudio excede al mero sistema de producción para fijarse en la sostenibilidad del mismo, analizando los fenómenos ecológicos y los procesos sociales dentro y fuera del campo de cultivo (Altieri, 1999).

El análisis ecológico de la agricultura, como sostiene Gliessman (2007), se da hacia mediados de los años 90, sin embargo, la conjugación de ambas disciplinas toma lugar hacia los años 20 con el surgimiento de la *ecología de cultivos*. El foco de atención de los ecologistas de cultivo estaba en la elección del lugar de producción y las condiciones bajo las cuales los alimentos crecían de la mejor manera posible.

De esta manera, se propone el término de *agroecología* como la ecología aplicada a la agricultura. Esta propuesta toma fuerza alrededor de 1960 y 1970 con las investigaciones de la comunidad ecológica, la influencia de los enfoques de los límites del sistema y el incremento de la conciencia ambiental en la sociedad; justo en el mismo periodo en que ocurre la ya mencionada Revolución Verde.

Para inicios de 1980 la agroecología emerge como un esquema conceptual y una metodología distinta para el estudio de los procesos ecológicos en los ecosistemas agrícolas sustentables –agroecosistemas-. Y es hacia 1990 que la agroecología se convierte en un agente de cambio y alcanza el reconocimiento como un enfoque para la transformación/transición social y ecológica necesaria en el desarrollo una sostenibilidad real en la agricultura.

Los primeros estudios sobre agroecología de Altieri (1999) y Gliessman (1998) exponen que la transición de los sistemas productivos convencionales hacia una agricultura sostenible trae cambios en la dinámica y reciclaje de nutrientes, la eficiencia en el uso de la energía, y la productividad total del sistema de cultivo. Los cambios que se requieren están en el manejo diario de la finca, en su planeación, en la comercialización e incluso en la forma de pensar del productor. Asimismo, desarrolla una connotación cultural en la medida que el concepto incluye a los seres humanos y su impacto sobre los ambientes agrícolas.

La agroecología constituye un nuevo enfoque de la agricultura, el cual ha sido construido sobre la base de los recursos de la agricultura tradicional, local y de

pequeña escala que al mismo tiempo aprovecha los conocimientos y métodos modernos de la ecología. Ésta provee el conocimiento y metodología requeridos para el desarrollo de una agricultura ambientalmente propia, altamente productiva y económicamente viable (Gliessman, 2002).

3.2.1.1 Principios de la agroecología

Existe una alta correspondencia de los principios agroecológicos con los saberes y prácticas productivas de las comunidades indígenas y campesinas (Sevilla, 2009). Prácticas que aplicadas oportuna y correctamente brindan la posibilidad a las comunidades de lograr la sostenibilidad contribuyendo al mejoramiento de su calidad de vida, sus recursos y su medio ambiente. Como el fin último de la agroecología es transitar hacia una manera de producir alimentos armonizada con factores sociales y culturales propios de cada pueblo, los principios del desarrollo sostenible son la base de la agroecología, la cual constituye un enfoque metodológico y práctico que busca la transición de los sistemas convencionales e insostenibles de producción hacia unos sostenibles.

Los beneficios ambientales de la agroecología tienen relación con la existencia de diversidad en los policultivos crea nuevos hábitats donde coexisten diferentes especies, las cuales coadyuvan a mantener las funciones ecosistémicas dentro del área de cultivo; esto hace que el agroecosistema sea más adaptable, estable y resiliente, siendo esta última característica la capacidad de un sistema de recuperarse luego de sufrir alguna perturbación (Sarandón, 2002).

En cuanto a los beneficios sociales de la agroecología se destaca que la implementación de esta práctica en las comunidades, favorece la seguridad y la soberanía alimentaria. Así se convierte en la alternativa más factible para aquellas poblaciones que combaten la pobreza, mediante el aumento de la autosuficiencia de producir sus alimentos y la autogestión.

La práctica ecológica en la agricultura hace que el suelo, el agua y el entorno sean siempre aptos y propicios para obtener alimentos sanos y de calidad. Al mismo tiempo, al adoptar este estilo de producción y de vida, la cultura local se ve afectada de forma positiva, puesto que se rescatan alimentos y semillas nativas, tradiciones, costumbres y prácticas ancestrales, que se sincronizan con las nuevas tendencias y hábitos de las comunidades actuales.

La agroecología conduce a la recuperación de las zonas rurales como espacios ecológicos y productivos, regionalizando y re-localizando la producción de alimentos lo que eventualmente puede evitar la migración de más campesinos a las ciudades.

Es importante mencionar que las diferentes crisis derivadas de la modernización de la actividad agrícola y de las zonas rurales ha desembocado en el surgimiento de iniciativas ciudadanas en forma de movimientos sociales, los cuales intentan proponer alternativas alimentarias que revitalizan el mundo rural. Esto mediante la promoción de la participación democrática de sus componentes, el fomento al reparto justo, la cooperación, la adquisición e intercambio de productos ecológicos certificados. De esta manera las comunidades, desde sus estructuras internas establecen una nueva forma de hacer economía social desde lo local y rural (Simón, *et al.* 2010).

Los beneficios sociales obtenidos de la práctica agroecológica se relacionan con el aprovechamiento del conocimiento social y tradicional de los campesinos; la protección de la salud de los agricultores, sus familias y los consumidores ya que se ofrecen alimentos saludables libres de sustancias sintéticas; mejor distribución de los beneficios en la cadena productiva; garantía de alimentación en comunidades; fomento del desarrollo rural y comunitario para combatir la pobreza en el campo; preservación y fomento de la diversidad sociocultural; revalorización del campesino, sus conocimientos, tradiciones, y sus formas sociales de vida; existencia de diálogo de saberes, intercambio de conocimientos y difusión del conocimiento tradicional; y fomento del empleo en el medio rural.

Por último, pero no menos relevante, se encuentran los beneficios económicos de la agroecología. Estos son tan importantes como los dos anteriores puesto que al reconocerlos y formalizarlos, todas aquellas comunidades que optan por la práctica agroecológica adquieren un empoderamiento frente a sus economías locales y su sustento de vida. Uno de los beneficios indiscutibles tiene que ver con la producción estable y eficiente que ofrece ese tipo de agricultura. Asimismo la productividad de los cultivos puede llegar a ser igual o muchas veces superior a la de los convencionales/industriales (Morales, 2011), ya que al diversificar el cultivo se disminuyen las pérdidas, al igual que el riesgo de plagas y enfermedades. Aunado a lo anterior, en torno a esta práctica se forja una dinámica de comercio justo y de economía social/solidaria dentro de la cual se hacen partícipes tanto consumidores como productores para la creación de mecanismos de reparto e intercambio equitativo de los beneficios (Marcillo y Salcedo, 2010; Morales, 2011), en la búsqueda de reconocer y recompensar al agricultor por el esfuerzo de brindar alimentos saludables y libres de agroquímicos, y además obtenidos con prácticas agrícolas eficientes de mínimo o nulo impacto ambiental.

3.2.1.2 El agroecosistema

Los sistemas agrícolas se constituyen a partir de la interacción de procesos sociales externos e internos con procesos biológicos y ambientales (Altieri, 1999). Desde el enfoque de la agroecología el sistema de producción o cultivo es considerado como un agroecosistema, que manifiesta patrones de conservación genética; utilización óptima de espacios y recursos locales (reciclaje de nutrientes, desechos, agua y energía); conservación de agua y suelo; protección del cultivo mediante el rotación y asociación de cultivos así como con el control de la sucesión; regulación de poblaciones y equilibrio dinámico (Altieri y Nicholls, 2000; Gliessman, 2007). Por ende, este tipo de ecosistemas agrícolas tienen una mínima dependencia de agroquímicos y energía externa (Altieri y Nicholls, 2000). Asimismo, se conjugan los procesos y ciclos ecológicos con factores socioeconómicos (Gliessman, 2007), puesto que la agroecología obedece a los principios de la agricultura tradicional campesina e indígena (Altieri y Nicholls, 2000), hecho que reaviva la cultura de las comunidades y reivindica su importante rol en la creación de economías alternativas mediante la producción y comercialización de alimentos locales.

En el monocultivo se requieren grandes cantidades de energía externa que ingresa al sistema en forma de agroquímicos, combustibles fósiles, insumos, riego, trabajo humano, herramientas y maquinaria. Estos requerimientos energéticos externos se deben a que el monocultivo busca sustituir el trabajo hecho por los procesos ecológicos en los ecosistemas naturales. En un agroecosistema ecológico se prescinde de estos insumos energéticos externos puesto que el sistema de policultivo cuenta con los mismos procesos y ciclos que se presentan en los ecosistemas naturales; además utiliza insumos energéticos procedentes principalmente de la luz solar. Estas características proporcionan atributos únicos a los agroecosistemas como lo es la estabilidad, autosostenibilidad, resiliencia, eficiencia, adaptación y productividad (Gliessman, 2007; Sarandón, 2002)

En cuanto a los atributos, la productividad hace referencia a la producción de biomasa en un periodo de tiempo determinado. El rendimiento de cultivos es la medida de productividad más conocida. La eficiencia es el cociente entre los insumos que ingresan y los que insumos que salen del sistema. Esto puede referirse a la energía, nutrientes, entre otros. Un sistema puede ser altamente productivo, pero poco eficiente porque esta productividad requiere un alto ingreso de algún insumo, como en el caso de algunos sistemas modernos de producción de alimentos.

Por su parte, la estabilidad hace referencia a la capacidad de resistencia a los cambios que tiene el sistema. Éste se asocia con la resiliencia o la capacidad de recuperarse después de sufrir algún disturbio. Así un cultivo puede ser altamente

productivo pero muy inestable o frágil. Ambos atributos, la estabilidad y la resiliencia toman en cuenta el tiempo, ya que sólo se obtienen luego de una serie de años. Aquí radica su importante rol para la sostenibilidad de los agroecosistemas (Sarandón, 2002).

3.2.1.3 La energía en el agroecosistema

Gliessman (2002) apunta que la energía se encuentra fluyendo constantemente a través de los ecosistemas en forma unidireccional. El punto inicial de dicho flujo en los agroecosistemas es el sol, y la energía que proviene de éste es transformada en energía potencial por los organismos encargados de la fotosíntesis, como las plantas y las algas (energía ecológica). Aunque es claro que para optimizar la producción dentro del agroecosistema se necesita un flujo de energía adicional suministrada por los seres humanos (energía cultural: biológica e industrial).

Gliessman (2002:274) expone de forma precisa la importancia insumos energéticos para la obtención de alimentos:

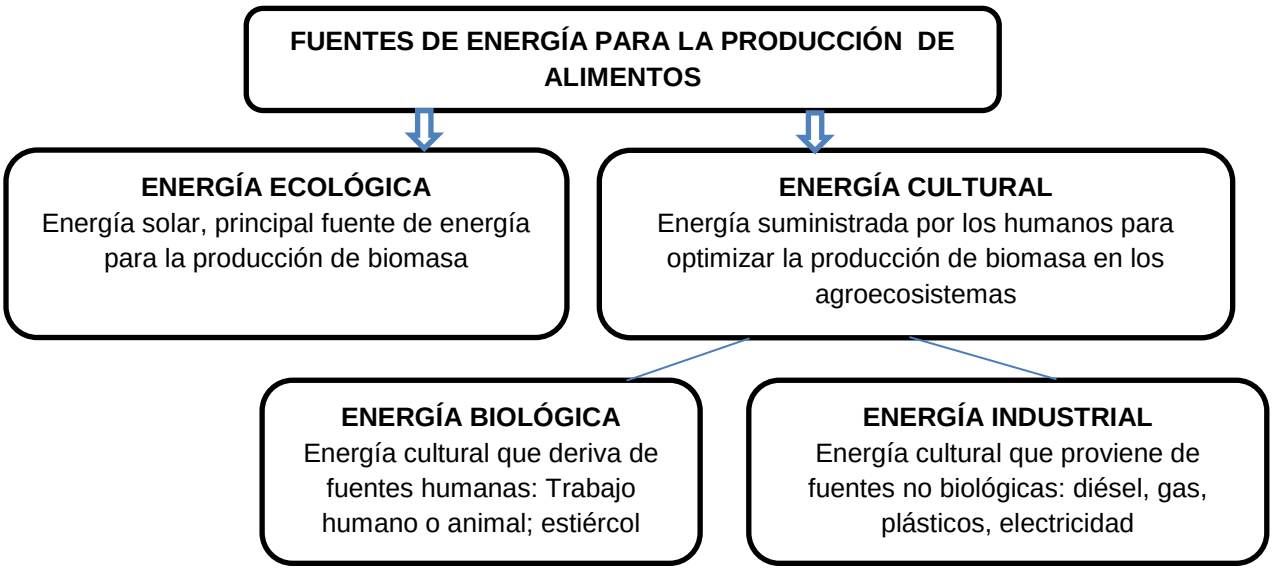
> "Aún cuando toda la energía de los alimentos que consumimos viene originalmente del sol, con el contexto de un agroecosistema se necesita energía adicional para producir ese alimento. Esta energía adicional proviene del trabajo que hacen los humanos, del que hacen los animales y del trabajo que se hace con maquinaria. También se requiere energía para producir la maquinaria, las herramientas, la semilla, el fertilizante, el riego, la cosecha, la transformación de la cosecha original a un producto industrializado y el transporte hacia los mercados. Es necesario examinar todos estos insumos de energía de los agroecosistemas, para entender el costo energético de la agricultura y así, desarrollar las bases para un uso sostenible de la energía en agricultura"

En cuanto a eficiencia Funes-Monzote (2009) sostiene que un agroecosistema que aprovecha al máximo la energía ecológica y al mismo tiempo es eficiente en el uso de la energía extra/adicional suministrada por los humanos, se considera como un sistema próximo a la sostenibilidad. La eficiencia energética de un sistema agrario puede ser relativa a la intensidad con que se utilizan los recursos energéticos internos o externos; así como al tipo de producción que se realice como frutas, carne u hortalizas. Una eficiencia alta dentro del agroecosistema resulta de asignarle un rol central a la biodiversidad y además combinar ciertos factores relacionados con la utilización de recursos y el fortalecimiento de algunos procesos como:

- "Conocer la procedencia y el valor energético de los insumos externos para utilizarlos estratégicamente en función de las necesidades reales.

- Contar con información, lo más fidedigna posible, sobre la equivalencia energética y calidad de los recursos disponibles a escala local.
- Utilizar estratégicamente las diferentes alternativas tecnológicas que permitan una mayor captura y circulación de la energía en el sistema.
- Tener en cuenta el valor biológico de los productos obtenidos en aras de realizar los cálculos pertinentes en función de su eficiencia energética y seguridad alimentaria.
- Definir, a través de actividades de diseño, los tipos de producción (granos, vegetales, carne, leche, mixta, etc.) e intensidad de la producción en términos de fuerza de trabajo, capital o insumos requeridos." (Funes-Monzote, 2009:19)

Figura 1. Tipos de insumos energéticos en agricultura



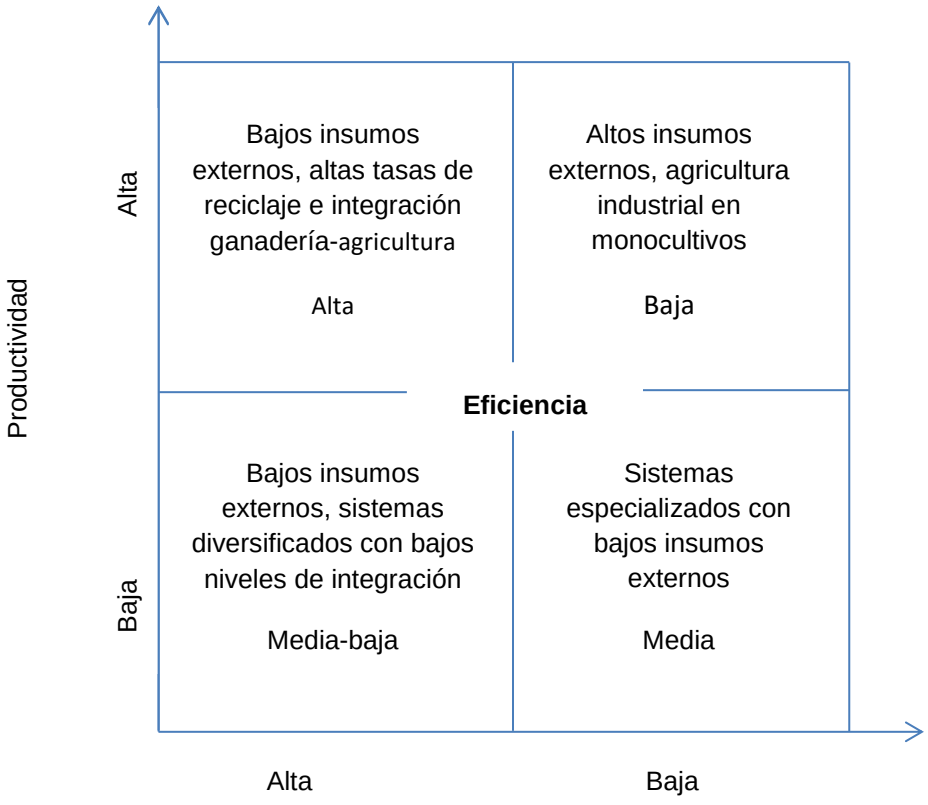
Tomado de Gliessman (2002:274)

Así la agricultura es una actividad productiva que consiste en la manipulación humana de la energía dentro de los ecosistemas. Los agroecosistemas se consideran herramientas hechas por el hombre para capturar y convertir energía solar en biomasa.

Como sugiere Funes-Monzote (2009), un factor clave de los sistemas agrarios sostenibles para producir alimentos y energía es la mezcla entre diversidad, productividad y eficiencia. El cultivo biointensivo de alimentos (más alimentos en menos espacio) ha logrado aumentar entre cuatro y ocho veces los rendimientos obtenidos mediante las técnicas agrícolas mecanizadas y químicas. De igual manera se ha disminuido al menos a la mitad el consumo de agua y unas diez veces el de energía, al eliminar la utilización de agroquímicos.

El principal problema que afecta la sostenibilidad de la agricultura industrial resulta ser las grandes cantidades de energía ingresada a los sistemas productivos -en su mayoría perteneciente a fuentes no renovables- en comparación con la energía que sale de los mismos. Así los agricultores están cosechando menos energía de la que invierten para su producción y esto nos sugiere a grandes rasgos ineficiencia energética de la actividad.

Figura 2. Análisis combinado de tres atributos de los sistemas sostenibles: diversidad, productividad y eficiencia. Caracterización con base en cuatro modelos de agricultura



Tomado de Funes-Monzote (2009:15)

En conclusión, estos dos autores Funes-Monzote (2009) y Gliessman (2002) sugieren que la clave de la sostenibilidad dentro de los agroecosistemas radica en saber cómo reducir el uso de la energía cultural-industrial; ampliar el uso de la energía cultural-biológica; y convertir con mayor eficiencia la energía ecológica en biomasa que puede ser cosechada y utilizada para consumo humano o animal.

3.2.1.4 La sostenibilidad en el agroecosistema

La mejor manera de preservar la productividad de la agricultura es estableciendo más sistemas sostenibles de producción de alimentos. Y para lograr dicha sostenibilidad en los diferentes agroecosistemas se deben llevar a cabo prácticas de cultivo basadas en el conocimiento detallado de los procesos ecológicos y ciclos naturales que ocurren en los sistemas de producción y en el entorno natural en el cual se encuentran inmersos.

Por su parte (Gliessman, 2002) apunta que el reto primordial en el diseño de agroecosistemas sostenibles es lograr tener las características de un ecosistema natural y de manera simultánea mantener una cosecha deseable. Esta es una forma viable para alcanzar la sostenibilidad del sistema. El flujo de energía puede estar diseñado para que sea menos dependiente de insumos antropogénicos externos y no renovables, de manera que exista un balance entre la energía que fluye dentro del sistema y la que abandona el sistema en forma de cosecha.

Si se empieza por transitar hacia prácticas ecológicas dentro de las parcelas, de forma natural se presentarán otros cambios de tipo social y económico que lograrán tomar parte en el proceso de lograr la sostenibilidad en la agricultura; de esta manera Gliessman (2002:13) propone que la agricultura sostenible debería:

- Tener el mínimo efecto negativo en el ambiente, y no liberar sustancias tóxicas o dañinas a la atmósfera y al agua superficial o subterránea
- Preservar y reconstruir la fertilidad del suelo, prevenir la erosión y mantener la salud ecológica del suelo
- Usar agua en forma tal que permita la recarga de los acuíferos y su uso por parte de la población humana y otros elementos del ecosistema.
- Hacer uso de los recursos dentro del agroecosistema, incluyendo las comunidades cercanas, reemplazando los insumos externos con un mejor ciclo de nutrimentos, adecuada conservación y amplio conocimiento ecológico
- Valorar y conservar la biodiversidad tanto en los paisajes silvestres como en los domesticados.
- Garantizar la equidad en el acceso a las prácticas agrícolas apropiadas, al conocimiento y a la tecnología así como permitir el control local de los recursos agrícolas.

Entre las funciones ecosistémicas que aporta un sistema sostenible bajo manejo agroecológico se pueden destacar la recuperación y conservación de los recursos naturales nativos, necesarios para la existencia y permanencia en el tiempo del

agroecosistema; la captura de carbono, que toma mayor importancia en aquellos sistemas productivos localizados tanto al interior como a los alrededores de las urbes ya que brinda mayor resiliencia a las ciudades; aumento de la biodiversidad; cuidado de los recursos hídricos y aprovechamiento del agua de lluvia; reciclaje de materiales y energía; mejora de la visión paisajística; mecanismos de regulación biológica de poblaciones, ya que incrementa el número de hábitats donde tienen presencias enemigos naturales de las diferentes plagas; y por último estos agroecosistemas proporcionan mayor resistencia a perturbaciones, estabilidad, productividad y balance.

3.3 ECONOMÍA ECOLÓGICA

Desde sus inicios el modelo económico basado en propuestas neoliberales rompió el orden natural del planeta en aras de la racionalidad económica; desencadenó una desnaturalización de la naturaleza y la insustentabilidad del proceso productivo (Naredo, 2010).

La ciencia económica convencional impuso desde finales del siglo XVIII, una "concepción reduccionista de la vida social que rompe con la visión organicista prevaleciente en la que el papel de los seres humanos se concebía dependiente y subordinada al de la biosfera, invirtiendo la jerarquía de sistemas" (Sevilla y Soler, 2010:200). Por su parte Naredo, (2010) sostiene que esta visión organicista del mundo considera que los animales, plantas y minerales están sujetos a procesos de generación y crecimiento, y que, a escala agregada, el planeta dilata sus límites.

La economía logra su consolidación como disciplina promotora del crecimiento de las riquezas generadas por el planeta. El crecimiento económico –medido en términos monetarios- en nombre del progreso se situaba en correspondencia con el crecimiento físico de las riquezas nacientes y de la tierra que las generaba (Naredo, 2010). Este mismo autor sostiene que el enfoque reduccionista y productivista de la economía convencional obliga a que sólo aquellos factores a los que se pueda asignar un valor monetario sean considerados dentro de los análisis económicos.

Tal es el caso de los bienes proporcionados por la naturaleza que poseen un valor intrínseco, pero a los cuales no se les puede asignar un valor monetario. La valoración económica de los bienes naturales se sumerge en el campo de la complejidad ya que existe una inconmensurabilidad de valores (Martínez-Alier y Roca, 2013).

Así, la economía se construyó sobre la noción del sistema económico dominado por los conceptos de valor de cambio. Un valor monetario que está aislado del mundo físico, desligado de las ciencias naturales, e indiferente a los impactos sociales, culturales y ambientales. Es el reduccionismo que domina al pensamiento económico en la actualidad.

Por otro lado vale la pena reconocer que pese a que fueron los economistas clásicos quienes hacia finales del siglo XVIII incluyeron en su teoría la finitud del planeta, serían los neoclásicos quienes un siglo después refutarían este planteamiento permitiendo de esta manera que el sistema económico recuperara la confianza de explotar los recursos naturales disponibles.

De los autores clásicos, se considera a John Stuart Mill como uno de sus principales exponentes. El pensamiento clásico sostenía que la Tierra debía ser tratada como un objeto pasivo y representaba un obstáculo que frenaría el crecimiento económico que llevaría sin remedio a un “estado estacionario”. Los clásicos aceptaron que el crecimiento poblacional, la producción y el consumo de materiales resultaría inviable a largo plazo considerando los límites físicos del planeta (Naredo, 2010).

Pero a finales del siglo XIX e inicios del XX, los economistas neoclásicos acallaron las advertencias de los clásicos, estableciendo que el crecimiento económico sería la llave maestra para el progreso, de la mano de las teorías de la maximización de la utilidad y la de elección racional (Heinberg, 2014). De tal forma, el aprovechamiento desmesurado de la naturaleza por parte del sistema económico era indispensable para alcanzar el objetivo.

De esta manera, el proceso productivo quedó completamente independizado de los materiales y la energía que proveen los recursos naturales. Es justo en este punto donde el pensamiento económico se desvinculó totalmente del mundo físico, de las ciencias naturales y relegó tanto los límites ecológicos como los límites biofísicos del planeta. La economía convencional sólo analiza los procesos productivos de la perspectiva monetaria. No obstante, hay evidencia de el gran avance de la conciencia ecologista de la cual están surgiendo economías alternativas en distintas partes del mundo, para hacer frente al sistema económico insostenible propuesto por los neoclásicos (Naredo, 2010).

Nuevas economías alternativas que han sido propuestas por movimientos sociales, actores institucionales y disciplinas académicas buscan preparar a la sociedad para los futuros escenarios de decrecimiento económico que se presentarán esencialmente por el agotamiento de fuentes de energías no renovables como los combustibles fósiles.

Dentro de estas nuevas *economías de la naturaleza* (Naredo, 2010), que promueven la sostenibilidad del proceso productivo y el uso de energías renovables, se encuentra la economía ecológica. Esta disciplina busca cambiar el paradigma económico, ya que incentiva la utilización de energías alternativas al petróleo, el aprovechamiento máximo de la energía solar y la incorporación de las leyes naturales, la termodinámica, las variables sociales y culturales en los análisis económicos.

EL objetivo de la economía ecológica es hacer una adecuada gestión de los recursos con los que cuentan los seres humanos en la actualidad para que de alguna forma se garantice su renovación y existencia. Estas alternativas caminan hacia un verdadero progreso y desarrollo de la humanidad respetando los límites físicos del planeta.

Por su parte, la corriente de la economía ambiental considerada como la extensión de la economía neoclásica, abarca asuntos del medio ambiente desde la perspectiva monetaria y bajo el lema imperante del *desarrollo sostenible* -considerado por algunos un oxímoron- que relaciona bienestar con riqueza (Martínez-Alier y Roca, 2013).

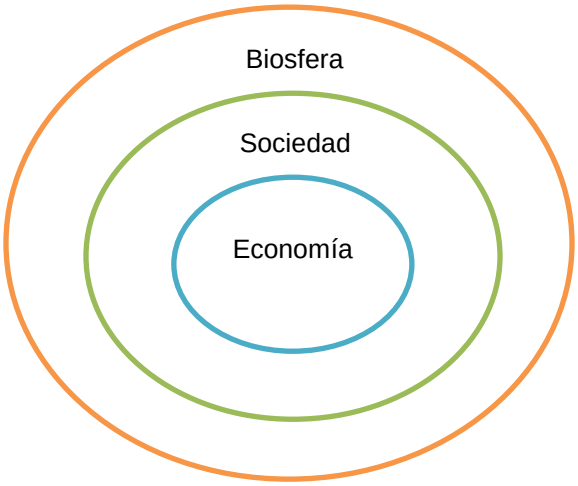
Esta corriente es fundamentalmente crematística puesto que trata los temas de gestión de la naturaleza como externalidades al proceso productivo. Desde la economía ambiental, estos costos externos son simples impactos no recogidos por los precios del mercado (Martínez-Alier y Roca, 2013); cuya valoración se realiza desde el instrumento analítico de la economía ordinaria en términos de precios, costos, beneficios reales o simulados (Naredo, 2010).

Desde esta corriente se considera que los recursos tierra y trabajo son sustituibles por capital -sustentabilidad débil-. La economía es controvertidamente vista como un "sistema cerrado que importa y exporta energía únicamente; en cuanto a la materia considera que ésta circula dentro del sistema pero no fluye a través de él" (Daly y Farley, 2004:15). Partiendo de este supuesto los economistas neoclásicos argumentan que los recursos del planeta son infinitos. Lo cierto es que la economía no es precisamente un sistema cerrado, ya que necesita entradas tanto de energía como materiales y además produce dos clases de residuos: residuos materiales y calor disipado o energía degradada -segunda ley de la termodinámica- (Martínez-Alier y Roca, 2013).

Por el contrario, la economía ecológica precisamente advierte esta condición: la economía es un "sistema abierto que toma y devuelve tanto materia como energía" (Daly y Farley, 2004:15). La economía es un subsistema de la sociedad, así mismo la sociedad está inmersa en un sistema mayor que es la Tierra o la biosfera (Passet,

1996). La biosfera constituye un sistema abierto a la entrada de energía solar, aunque cerrado a la entrada de materiales (Martínez-Alier y Roca, 2013). La jerarquía de sistemas es imprescindible para el análisis de las actividades humanas desde la escuela de la economía ecológica.

Figura 3. Jerarquía de sistemas



Fuente: Passet (1996)

Una idea general sobre el eje estudio de la economía ecológica se puede obtener a partir de Martínez-Alier y Roca (2013:21):

> *"La economía ecológica estudia el metabolismo social y por lo tanto contabiliza los flujos de energía y los ciclos de materiales en la economía humana, analiza las discrepancias entre el tiempo económico y el tiempo biogeoquímico, y estudia también la coevolución de las especies (y de las variedades agrícolas) con los seres humanos. El objeto básico de estudio es la (in)sustentabilidad ecológica de la economía, sin recurrir a un solo tipo de valor expresado en un único numerario"*

Esta escuela reconcilia a la economía con las ciencias de la ecología, la química, la física y la biología. Ofrece una alternativa a la realidad implantada por la economía neoclásica desde finales del siglo XIX que razona acerca del cúmulo más restringido de objetos apropiables, valorables y productibles (Naredo, 2010). Según este mismo autor, dicha reconciliación tiene como meta el enfoque *ecointegrador* que evita la antigua enemistad entre planteamientos económicos y ecológicos; y además reúne en una sola raíz eco (del griego *oikos* que significa "casa") de tal forma que la gestión

y administración del *oikos*, debe cooperar y no contradecir el estudio y conocimiento del *oikos* que es la ecología (Common y Stagl, 2008).

3.3.1 Entropía y economía

El funcionamiento del sistema económico actual depende plenamente de la utilización de energía no renovable en forma de combustibles fósiles. La mayoría de los individuos consideran que es justificable la explotación de fuentes energéticas no renovables puesto que son los combustibles fósiles los que permiten satisfacer las necesidades modernas.

El paradigma convencional ha permitido olvidar el peligro ecológico de sobrepasar los niveles permitidos de utilización de energía no renovable. La explotación y destrucción de la base ecológica, así como de las condiciones ambientales, por parte de grandes empresas acumuladoras de capital, se ha justificado bajo el concepto de *desarrollo sustentable*, permitiéndole así a la sociedad complacer necesidades antropocéntricas.

Fácilmente los procesos ecológicos que sustentan el equilibrio y la productividad natural del planeta fueron negados por el sistema económico (Leff, 2004). Así, la naturaleza en relación con el sistema económico pasa por un proceso de desnaturalización, fraccionamiento y mutilación, que desconoce su organización ecosistémica y termodinámica para ser convertida en "*recursos naturales* discretos" (Leff, 2004:133).

Es claro que la economía se originó dentro de la visión mecanicista que funda el paradigma científico de la modernidad (Leff, 2004), no obstante considerar la función económica desde una perspectiva mecánica no es la manera preferible de hacerlo, ya que se omiten factores relevantes como el agotamiento de los recursos naturales, las relaciones de poder, el papel de las instituciones, las desigualdades (Carpintero, 2006). Comprender los inminentes cambios cualitativos en la ciencia económica requiere considerar la disciplina que permitió hacer esa transición también en la física: la termodinámica y su segundo principio o *ley de la entropía* (Carpintero, 2006).

El término de entropía que se refiere al grado de desorden dentro de un sistema, fue utilizado por primera vez en 1865 por el físico alemán Rudolf Julius Emmanuel Clausius, uno de los fundadores de la ciencia de la termodinámica que aportó significativamente a las bases teóricas de la segunda ley de la termodinámica. Clausius manifestó preocupación por el futuro de la humanidad si las industrias no

optaban por moverse exclusivamente con la principal fuente de energía renovable, la luz solar.

Algunos conceptos de la termodinámica, como la *entropía, energía, ecosistema y flujo energético* (Urteaga, 1985) empiezan a tomar nuevas adaptaciones en diferentes disciplinas de las ciencias naturales y humanas. Carpintero (2006) expone que pese a que los textos bioeconómicos de Georgescue-Roegen aparecen entre los años sesenta y setenta, en realidad su preocupación por ligar a las ciencias de la naturaleza con la ciencia económica data de finales de los años cincuenta. Roegen reflexionó principalmente sobre la aplicación del segundo principio de la termodinámica a la teoría económica de la producción. La intención de rescatar la relación entre ciencias naturales y economía consistió en argumentar la utilización económica ilimitada de energía y materiales del planeta (Carpintero, 2006).

Cabe aclarar ciertos aspectos fundamentales de la relación estrecha entre la termodinámica y la economía que en esencia explican la raíz de la escasez: la ley de la entropía. La comprensión de esta ley dentro del marco de la economía explica la generación de valor a partir de la escasez; a mayor grado de entropía, mayor es el deterioro ambiental y por ende mayor la escasez de recursos disponibles.

Los procesos económicos son y siempre han sido indudablemente entrópicos como la mayoría de procesos físicos dentro de la naturaleza; la diferencia entre estos dos procesos consiste en que los físicos se presentan de forma natural y automáticamente, mientras que los económicos son inducidos por individuos con contextos históricos y culturales definidos. No obstante pasemos a definir conceptos de termodinámica para una mejor comprensión de esta idea.

Desde la termodinámica, la ciencia de la energía y sus transformaciones (Martínez-Alier y Roca, 2013), la primera ley o *principio de la conservación de la energía* establece que la energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma. Siguiendo esta idea, la segunda ley de la termodinámica o *ley de la entropía* añade al primer principio que *en esa transformación, la energía pierde su calidad y se degrada, disminuyendo sus posibilidades para aprovechamiento humano.*

La transformación de la energía es en un solo sentido y esto implica que la *energía disponible o libre* (aquella que genera trabajo) se transforma en *energía no disponible o disipada* (aquella degradada que ya no puede utilizarse). De esta forma el calor siempre pasa de un cuerpo más caliente a uno más frío y no al contrario, lo cual sugiere el carácter irreversible de la ley de la entropía que desemboca en escasez.

A saber, una de las fuentes de valor económico es la escasez, por tanto se tiene que a mayor nivel de entropía mayor es la escasez, y en consecuencia mayor es el valor de cambio (Carpintero, 2006).

El proceso entrópico de la economía (Naredo, 2003) consiste en dicha irreversibilidad de la transformación energética: “la economía absorbe energía de baja entropía y expulsa la misma cantidad de energía pero con un mayor grado de entropía para mantener su metabolismo, generando un mayor desorden en el medio ambiente” (Pérez-Neira, 2010:6).

Se entiende que una estructura presenta *baja entropía* cuando la mayoría de su energía es utilizable, y presenta *alta entropía* cuando toda o la mayoría de su energía no es utilizable y además una parte de su energía es convertida en desecho. Es así como los recursos naturales disponibles en el medio tienen baja entropía (baja degradación o deterioro) y son estos los que se aprovechan como insumos en el proceso productivo para obtener bienes y residuos de alta entropía (de alta degradación o deterioro.

La energía sufre un cambio cualitativo cuando pasa por un proceso de transformación como lo es proceso productivo del sistema económico. Este cambio es el paso de *exergía* a *anergía* que implica desde un enfoque bioeconómico la destrucción del orden, creación de caos, degradación de recursos, generación de residuos y contaminación (Roselló-Oltra, *et al.* 2000).

La *entropía* como ley límite de la racionalidad económica emerge para contrarrestar la simulación discursiva del *desarrollo sostenible,* al igual que el discutido trato que la economía ha dado a la naturaleza con el cual ha generado desgaste y destrucción ecológica irreversible; desde los procesos productivos basados en la estructura de la economía convencional neoclásica.

La actividad agrícola se encuentra sumergida dentro de un sistema económico que se destaca por subestimar el valor intrínseco de la naturaleza y cuyo único interés es la maximización de la producción a costa del bienestar de las personas y el medio ambiente.

Es la agricultura industrial moderna una de las principales actividades responsables de este caos energético por el que atraviesa el mundo (Heinberg, 2014). Como se mencionó anteriormente la utilización de insumos energéticos externos en este tipo de agricultura es elevado, y aunado a este hecho, ya se reconoce abiertamente que esta actividad es responsable de una significativa porción de los gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera (GRAIN, 2008).

Las anteriores son razones sólidas para que se pretenda redirigir el énfasis de la investigación en el área de la agricultura, más allá de las consideraciones disciplinarias hacia interacciones complejas entre personas, cultivos, suelo, animales, entre otros (Altieri y Nicholls, 2000). Esta redirección se puede llevar a cabo mediante la metodología de Análisis Energético que ha sido aplicada exitosamente en trabajos previos en diferentes países del mundo y de la cual se han obtenido resultados muy concretos que demuestran la ineficiencia energética así como la (in)sustentabilidad del modelo agrario industrial predominante.

3.4 SUSTENTABILIDAD DÉBIL Y SUSTENTABILIDAD FUERTE

La noción de sustentabilidad débil surge desde la racionalidad propia de la economía convencional y desde la economía ambiental, considerada esta última como extensión de la primera. Como sugiere (Neumayer, 2003), la sustentabilidad débil ha sido entendida como la viabilidad de un sistema económico en el tiempo, manteniendo el capital global o las capacidades a través de las generaciones.

Dentro del capital natural se destacan las existencias y el flujo de materiales que ingresan al sistema social; al igual que los servicios y funciones básicas que presta la naturaleza a la sociedad. En estos últimos se engloba la función de sumidero de los bosques y mares, así como la capacidad de asimilación de los residuos por parte de los ecosistemas. Mientras tanto, el capital de formación humana hace referencia a aspectos sobre la disponibilidad de capital monetario, la tecnología o el personal capacitado.

La sustentabilidad débil se enfoca en dar respuesta a las tendencias del mercado y a la demanda; incluso si el hecho de alcanzar el bienestar social (riqueza y acumulación) implica la destrucción del hábitat humano. Para sostener el nivel de vida así como el consumo material y energético, es necesario que el sistema económico sea movido desde su visión mecanicista, donde no sólo se automatizan procesos complejos, sino que las personas y el trabajo son remplazadas por maquinaria.

De igual forma esta introducción de la noción mecanicista en el entorno natural de las actividades económicas conlleva a asegurar que el así llamado *capital natural* susceptible de escasez, puede llegar a ser sustituido por *capital manufacturado* y obtenido gracias a los avances de la tecnología y la ciencia. Dicha sustituibilidad supone la monetización del medio natural. La sostenibilidad se sujeta meramente a la viabilidad económica de las actividades humanas, lo que hace que se piense en una

especie de “sustentabilidad flexible” que definitivamente posibilita el crecimiento económico. En síntesis la sustentabilidad débil considera que se debe mantener el capital total constante, el cual es la suma del capital natural y el manufacturado (Neumayer, 2003).

Por su parte, la noción de sostenibilidad fuerte tiene sus raíces en la racionalidad de la termodinámica y de la ecología. Desde la sustentabilidad fuerte la economía es considera un sistema totalmente dependiente de los ecosistemas, de tal forma que su funcionamiento no sería posible sin los recursos y las funciones que los mismos proporcionan.

La gestión humana de los recursos naturales y servicios ambientales provoca alternaciones e impactos ambientales, la mayoría de veces irreversibles. Este hecho conlleva modificaciones sociales, tecnológicas y económicas debido a la sobreexplotación de la naturaleza y a la disposición de desechos en los ecosistemas. Las condiciones del medio determinan el asentamiento y el tipo de actividades humanas, de esta manera es evidente que existe una interdependencia innegable entre el sistema social, económico y ecológico, la cual debe procurar ser sostenible que garantice a los humanos y a las demás especies las condiciones ambientales idóneas para la existencia actual y futura.

Igualmente, desde la sustentabilidad fuerte se asume que ni la población ni el sistema económico están sobre la noción de crecimiento indefinido debido a la existencia de límites biofísicos. Este enfoque reconsidera el supuesto planteado por la sostenibilidad débil que afirma que las distintas formas de capital son fácilmente sustituibles por otras; por el contrario la regla de la sustentabilidad fuerte establece que, como mínimo se proteja el *capital natural crítico* (Constanza y Daly, 1992), entendido en términos biofísicos como aquellos recursos naturales que son imposibles de sustituir e imprescindibles para el bienestar y la supervivencia humana (por ejemplo la capa de ozono y la diversidad biológica).

Desde el enfoque de la sostenibilidad fuerte, Constanza y Daly (1992) establecen que la casi perfecta sustituibilidad (elasticidad de sustituibilidad constante y alta) entre el capital natural/ecológico y el capital manufacturado tiene poco apoyo en la lógica y en los hechos.

El punto de inflexión esencial entre la orientación “débil” y “fuerte” de la sustentabilidad se sitúa en el grado de transformación social que implica cada una de ellas, así como en el tipo y el alcance de las acciones y medidas específicas que implican cada una de estas nociones (López, 2012). La noción de sustentabilidad relacionada con el enfoque de la economía ambiental corresponde a la *débil*; desde

la cual la función de los ecosistemas, los recursos naturales e incluso los individuos son sintetizados únicamente a cantidades monetarias para ser integrados a grandes contabilidades económicas.

Mientras tanto, desde el enfoque de la economía ecológica, la noción de la sustentabilidad se relaciona con la *fuerte,* en la medida en que se considera la relevancia de medir los factores biofísicos del planeta para tomar decisiones de acuerdo a la capacidad de los ecosistemas y los límites del planeta.

3.4.1 Indicadores económicos y biofísicos de sustentabilidad

Dentro del enfoque de la economía ecológica, diversas investigaciones han propuesto mediciones no monetarias sino biofísicas para indicar hasta qué punto las condiciones y funciones del ambiente, los flujos de energía y materiales se acercan a la sustentabilidad (Martínez-Alier y Roca, 2013). Este mismo autor sostiene que de los análisis de energía y materiales dentro de las economías humanas se desprenden “los más sólidos indicadores de la evolución del tamaño físico de las economías: los flujos absolutos de energía y de materiales que una economía requiere para mantener su metabolismo” (pp. 515).

El diseño de indicadores de sustentabilidad representa un desafío a la hora de unir aspectos sociales, económicos y ecológicos, así como en el esfuerzo de entender y explicar las relaciones existentes entre dichos aspectos (INE, 2002). De esta manera los cálculos monetarios estarán relacionados con su contexto sociocultural y ecológico, para comprender mejor la dependencia de la economía con la biosfera en la cual se encuentra inmersa.

Entre las metodologías e indicadores biofísicos de sustentabilidad más utilizados desde la corriente de la economía ecológica se encuentran el Análisis y Contabilidad de los Flujos de Materiales (Material Flow Accounting and Analysis, MFA) (Shmidt-Bleek, 1993); el de Apropiación Humana de la Producción Primaria Neta (Human Appropiation of Net Primary Protuctivity, HANPP) (Haberl, 1997; Vitousek et al. 1986); la Huella Ecológica (Ecological Footprint) (Wackernager & Rees, 1996); el Metabolismo Social (Fischer-Kowalski & Habert, 2000); el Metabolismo Hídrico (Beltrán & Velásquez, 2011); el Análisis del Ciclo de Vida (ACV); y el Análisis Energético (AE) (IFIAS, 1978).

3.5 ANÁLISIS ENERGÉTICO EN AGRICULTURA

El método de Análisis Energético (AE) se originó justamente en una época, alrededor de los años 70, en la que el precio del petróleo tuvo un insólito incremento y el mundo se hundía en una crisis económica (Pérez-Neira, 2010). Este método no sigue una metodología estandarizada, sin embargo la Federación Internacional de Institutos de Estudios Avanzados (IFIAS, 1978) propuso una guía metodológica.

En los años 1973 y 1974 diferentes investigadores realizaron balances energéticos de distintos tipos de agricultura, para estudiar qué tan dependiente se encontraba la agricultura del petróleo así como analizar la eficiencia energética de los procesos productivos y la incidencia de los altos precios del petróleo en los beneficios económicos obtenidos de la agricultura.

Uno de los trabajos pioneros es el de Pimentel, *et al* (1973) donde se estudió la decreciente eficiencia energética del cultivo de maíz en Estados Unidos como consecuencia del aumento de la utilización de petróleo, fertilizantes y pesticidas. Se comparó dicho cultivo con el tipo de producción de milpa en México, el cual presentó una mayor eficiencia energética (Martínez-Alier y Roca, 2013). De esta manera Pimentel abordó el concepto de eficiencia energética en torno a la producción de alimentos y probó que ésta disminuye a medida que la agricultura se mecaniza y moderniza.

La eficiencia o productividad energética es definida por Martínez-Alier y Roca (2013:47) como la “relación entre el contenido energético de la producción y el gasto total energético”, así un sistema agrícola se considera eficiente cuando reduce su consumo de energía parar producir cierta cantidad de hortalizas (producción de energía).

Por otro lado, el AE pretende vencer el conflicto existente entre la teoría económica y el estudio de los procesos naturales, con la intención de analizar de forma adecuada algunos factores de la crisis ecológica (Puntí, 1988). De esta manera se está promoviendo una nueva clase de análisis económico que se centra en el estudio del balance de los flujos de energía presentes en cualquier actividad económica (Puntí, 1982).

Este nuevo paso abre la posibilidad de que el AE sea una gran herramienta para comprender de forma más completa las consecuencias de la escasez de recursos energéticos y/o la subida de sus precios; ya que el AE revela el flujo total energía –directa e indirecta- dentro de la sociedad (Leach, 1981).

Otra oportunidad que brinda la contabilidad energética tiene que ver con la posibilidad de comparar diferentes técnicas agrícolas desde una perspectiva alterna

a la de la rentabilidad económica, la cual varía de acuerdo a los precios relativos tanto de los insumos como los del producto (Martínez-Alier y Roca, 2013). Este mismo autor sostiene que para sumar y restar producciones e insumos heterogéneos se requiere hacerlos conmensurables y eso se hace por medio de sus precios.

Por otro lado, Leach (1981) sostiene que el sistema económico y todas las actividades que se desarrollan dentro de él no tienen a su disposición ningún mecanismo efectivo para enfrentar el agotamiento de los recursos, por ello incorporar los recursos y limites biofísicos es un paso imprescindible que la economía debe dar para gestionar de forma adecuada las materias primas y garantizar su mantenimiento en el tiempo.

Por ello, el AE es considerado una de las mejores metodologías para determinar el nivel de sostenibilidad de la actividad agrícola, desde la comprensión de la dependencia que los sistemas productivos tienen del petróleo y la eficiencia energética de los mismos (Pérez-Neira, 2010). Como es sabido, la economía ecológica pretende complejizar la mera valoración económica de los impactos ambientales para trascender hacia la valoración de las causas de dichos impactos; ahonda en los efectos subyacentes de las actividades humanas logrando una valoración desde un enfoque holístico.

En agricultura, el AE busca tomar en consideración los contextos socioeconómicos del sistema de cultivo, para complementar los análisis económicos, las contabilidades y las estadísticas existentes sobre la actividad agrícola. Se busca una conjugación de “la valoración económica convencional con los resultados obtenidos al estudiar del flujo de energía en la agricultura” (Martínez-Alier y Roca, 2013:49).

Sostiene Pérez-Neira, (2010) que el AE refuerza la comprensión del funcionamiento de los sistemas agrícolas en procesos técnico-productivos y de toma de decisiones económicas para contribuir a la búsqueda de alternativas energéticas viables en agricultura.

Entre las utilidades del método de AE se puede destacar que estima las intensidades energéticas de los diferentes productos agrarios; establece comparaciones de los resultados en función de diferentes manejos en términos de eficiencia energética y costos energéticos; predice el consumo de energía en función de supuestos; analiza los efectos de la conservación de la energía y la sustitución de consumos de energía (Pérez-Neira, 2010).

Resulta útil reconocer que el consumo de la disponibilidad energética se asocia directamente con el gasto económico puesto que un “AE constituye una herramienta adecuada tanto para analizar las relaciones de dependencia entre la economía y la energía como para generar información física sujeta a la toma de decisiones en

ambos sentidos” (Pérez-Neira, 2010:9). En síntesis, la metodología de AE se define como el proceso de cuantificación del secuestro de energía necesario para producir un bien o un servicio, para este caso de investigación la producción de hortalizas en tres sistemas hortícolas con diferentes tipos de manejo.

CAPÍTULO III

4. METODOLOGÍA

4.1 Selección de muestra y recolección de datos

La selección de la muestra fue realizada mediante *muestreo no probabilístico: por conveniencia y accesibilidad* a la muestra. Este muestreo se basó tanto en la capacidad de recolección de datos así como en el entendimiento del fenómeno. Para un estudio de caso el tamaño recomendable de la muestra es de tres a cinco casos (Sampieri, 2014).

El muestreo por conveniencia permitió acceder a las unidades de análisis que mejor representaran las características energéticas y económicas de los tipos de manejo agroecológico e industrial, para responder de forma adecuada a las preguntas de investigación planteadas y lograr los objetivos planteados. Adicionalmente, estas muestras fueron aquellas a las cuales se pudo tener acceso y de dónde fue factible la recolección de los datos requeridos para los análisis posteriores.

Para lograr dicho acceso fue necesario desarrollar relaciones de confianza con los productores de los huertos; asimismo explicarles en qué consistía el estudio a realizar y su objetivo principal; las razones por las cuales ese ambiente era elegido como unidad de análisis; y las utilidades que tendrían los resultados obtenidos para llevar a cabo una retroalimentación o la posibilidad de crear un proyecto/plan de que abriera la oportunidad de expandir el conocimiento generado a partir de la investigación.

Los huertos seleccionados por conveniencia se localizan en la periferia de los municipios de Xalapa, Teocelo y Huatusco, Veracruz. Estas muestras no buscan generalizar los resultados obtenidos puesto que el carácter “no probabilístico” no les permite ser estadísticamente representativas de una población mayor o el universo.

Se realizaron entrevistas a los productores entre febrero y septiembre de 2015 en las cuales se aplicó un cuestionario que permitió recolectar los datos necesarios para el análisis energético y económico: superficie cultivada; producción anual de cada cultivo (salidas energéticas); compra y reutilización de semillas; productos para la protección de cultivos contra plagas y enfermedades; suministros, combustibles, herramientas y maquinaria utilizada; horas de trabajo remuneradas y/o no remuneradas (entradas energéticas); así como los costos de producción y los ingresos por ventas y otros conceptos.

Se tomó como referencia el cuestionario de Grollmus (2013), el cual se muestra en detalle en el ANEXO 1 de este documento. Toda la información se corroboró mediante visitas hechas directamente a los espacios de cultivo y a los lugares de comercialización de uno de los productores en Coatepec, Veracruz.

Posteriormente los datos fueron transferidos de forma ordenada a tablas de Excel para el cálculo de los indicadores. Después se hizo el análisis de los indicadores energéticos: consumo total de energía (CTE), producción neta de energía (PNE) y el balance energético (BE). Asimismo para mostrar la eficiencia energética en el uso de energía no renovable se calculó el CTEnr, PNEnr y BEnr, los cuales se definirán en los apartados 4.2.3. Respecto a los indicadores económicos se halló el margen bruto, el balance monetario bruto, el margen neto, el balance monetario neto y el beneficio empresarial, cuyos cálculos son detallados en el apartado 4.2.4.

4.1.1 Restricciones o supuestos del modelo

Las características agroclimáticas, geográficas y de relieve particulares de las regiones estudiadas pueden tener implicaciones específicas en la producción de hortalizas. Por esta razón es necesario aclarar que estas variables no se tuvieron en cuenta en el estudio y es posible que influyan sobre los resultados energéticos y económicos obtenidos de cada uno de los huertos analizados. Por otro lado, las superficies de los huertos son diferentes, es por ello que los resultados tanto energéticos como económicos más relevantes para comparar la eficiencia energética y la rentabilidad económica han sido determinados por kilogramo de hortaliza producida y no por superficie cultivable.

Por otro lado, es de destacar que esta investigación cualitativa tiene como fin arrojar resultados energéticos y económicos particulares para la producción hortícola del año 2014 perteneciente a la muestra elegida por conveniencia; la cual obedece a procesos estrictamente locales y de desarrollo de una economía alternativa. No se pretende generalizar ni proyectar los resultados obtenidos del estudio a una población mayoe. De esta manera, tampoco se han tomado en cuenta las economías de escala en el estudio de las microparcelas mencionadas.

Asimismo, los aspectos relacionados con el transporte no son incluidos dentro del estudio ya que sobrepasan las posibilidades de la investigación. Es cierto, que algunos factores energéticos y económicos asociados al transporte podrían ser decisivos para determinar el nivel de sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Desde la perspectiva agroecológica, evaluar los gastos del transporte cobraría gran importancia debido a que la distancia entre productores y consumidores se

disminuye. Esto se debe a que las prácticas sostenibles han dado la posibilidad de que la agricultura deje de ser una actividad exclusiva del campo y se extienda hacia zonas urbanas y periurbanas; constituyendo una nueva forma de ruralidad dentro y alrededor de las urbes. Los alimentos producidos bajo esta modalidad cada vez son más disponibles y cercanos a los consumidores de las ciudades, hecho que disminuye significativamente el gasto energético y económico asociado al transporte y a la distribución de alimentos.

4.1.2 Características de las fincas y elaboración de inventarios

La información recopilada se relaciona con las entradas y salidas de energía de los tres sistemas de cultivo, así como con los costos de producción y la producción en kilogramos anual de las hortalizas. Los datos que se utilizaron para las estimaciones se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Variables técnico-económicas de la producción de los sistemas agrarios estudiados

Nombre en clave	HI1	HA2	HA3
Tipo de Manejo	Convencional/industrial	Agroecológico	Agroecológico-biointensivo
Superficie	1 ha	0.11 ha	0.10 ha
Rendimiento anual (Kg/ha)	135,000	57,575	21,695
Cultivos anuales	Monocultivo de jitomate	Policultivo de acelga, albahaca, apio, arúgula, berenjena, betabel, brócoli, calabaza, cebolla, cebollín, chayote, cilantro, col, ejote, espinaca neozelandesa, espinaca, jitomate, kale, lechuga, mizuna, perejil, pipián, plátano, poro, quelite, rábano, tatsoi, verdolaga y zanahoria.	Policultivo de acedera, acelga, ajo, arúgula, berenjena, betabel, brócoli, calabaza, cebolla Puebla, cebolla Wellch, chícharo con vaina, chile serrano, cilantro, col, coliflor, ejote alado, ejote cubano, ejote de mata, elote, espinaca, espinaca de árbol, flor de calabaza, hierbas de olor, jengibre, jitomate, jitomate riñón, kale, lechuga, lechuga tropical, mizuna, mostaza morada, naranja, naranja malta, nopal, pepino africano, perejil, pimiento choco, quelite, rábano, ruibarbo, tatsoi, tomate verde, verdolaga y zanahoria.
Tipo de semilla y cantidad anual	Semilla tratada, 30,000 unidades	Semillas reutilizadas del huerto y compradas. Sólo se compra 1.8 kg de	Semillas reutilizadas en su mayoría. Anualmente se compra sólo 0.6 kg de

		semillas al año para las 0.11 ha	semilla de acelga, betabel, col, coliflor, espinaca, zanahoria y hierbas de olor.
Dosis de fertilización anual	9,400 kg de fertilizantes químicos N-P-K y N-K-S	100 L de biofertilizante. 8,630 Kg/año de composta 400 Kg de lombricomposta	7,722 kg de composta 7.9 kg de azufre 2.7 kg de boro 20.5 kg de manganeso 241.7 kg de roca fosfórica
Dosis de pesticidas, herbicidas, fungicidas anual	95.6 L/año	10 L de repelente 1 14 L de repelente 2 18 L de Nes	-
Diesel, aceites y lubricantes anual	350 L de diesel	3 kg de grasa agrícola	-
Maquinaria	Arriendo de tractor de 250 hp Bombas de riego de 12 hp Bomba de aplicación de abonos de 1.5 hp Aspersores de motor		Picadora de pasto manual
Energía eléctrica anual	12,672 Kw/año	-	-
Empleados remunerados	2	2 trabajadores socios	2
Jornada	8 horas	4 horas	Un empleado 8 horas y el otro trabajador 4 horas
Jornal	$150	-	$150

4.1.2.1 Huerto Industrial de la Hacienda "Ojuelos", La Tinaja – Xalapa, Veracruz

El Huerto Industrial (HI1) ubicado en la "Hacienda Ojuelos" junto al municipio de la Tinaja produce principalmente monocultivos de jitomate y pepino, en una superficie de 1 hectárea. Cada año en este huerto se instala sólo uno de los cultivos mencionados, por esta razón la rotación o alternancia entre estos dos cultivos es anual. Es importante destacar que los datos obtenidos en la investigación corresponden exclusivamente a los dos ciclos de cultivo de jitomate del año 2014. Cada año este huerto produce dos ciclos de jitomate, el primero inicia con la siembra en Enero y concluye con la cosecha final en Abril; de esta manera el segundo ciclo inicia con la siembra en Junio y se da por terminado con la cosecha final en Septiembre.

Las características de este huerto lo enmarcan dentro del tipo de agricultura industrial debido a implementación del sistema de monocultivo de baja diversidad; la

especialización de la producción que se basa en alta utilización de insumos externos; incorporación de nutrientes mediante fertilizantes químicos; manejo de plagas a través de pesticidas sintéticos; alta artificialización de los agroecosistemas (mecanización, riego y variedades de alto potencial); dependencia de los paquetes tecnológicos y la dependencia energética (Funes-Monzote, 2009).

Testimonio del agricultor. En las visitas hechas a la microparcela, las experiencias y la subjetividad del productor fueron tan relevantes como los datos obtenidos para determinar la eficiencia energética y la rentabilidad del sistema. El productor manifestó que decidió producir bajo el modelo agroindustrial y no bajo un modelo alternativo como el agroecológico ya que el primero le garantizaba altos rendimientos en la producción en menos tiempo. No obstante, es consciente de que "los venenos" –como él mismo expresó- aplicados a los cultivos están deteriorando progresivamente su suelo, razón por la cual cada vez necesita invertir más en fertilización. Se le cuestionó si alguna vez había intentado una producción que aprovechara los ciclos naturales y los recursos locales, a lo cual respondió negativamente. Lo que se evidenció fue desinformación acerca de los beneficios ecológicos y económicos de las prácticas agroecológicas.

4.1.2.2 Huerto Agroecológico "El Charco", Teocelo - Veracruz

El segundo huerto con tipo de manejo agroecológico (HA2) cuenta con alrededor de 82 camas de cultivo de diferentes dimensiones que no sobrepasan los 1.20 m de ancho y los 15 m de largo. Su producción es diversificada ya que cultiva gran variedad de hortalizas en una superficie de 0.11 ha.

La escala pequeña de este huerto se ajusta a las características de un sistema de manejo agroecológico que son el reciclaje de materiales y energía; conservación y manejo de la fertilidad del suelo a través del aumento de la vida del suelo (materia orgánica); optimización de ciclos y procesos; intensificación del uso de los recursos naturales locales y disponibles; conservación y potencialización del nivel de resiliencia; utilización de fuentes de energía renovable (Funes-Monzote, 2009). Esto es evidente a la hora en que el productor utiliza los residuos generados dentro del mismo huerto, estos son restos de hortalizas y desechos domésticos; desechos orgánicos municipales que adquiere con la administración del ayuntamiento de forma gratuita; utilización del excremento, orín y leche de las cabras para la preparación de biofertilizante para el suelo; así como la producción de composta y lombricomposta. Aunado a esto, las estrategias para combatir plagas y enfermedades consiste en la utilización de barreras vivas, productos naturales, al igual que plaguicidas a base de elementos naturales de receta propia; el repelente 1 consiste en la maceración de

ajo, chile y cebolla que luego se diluye en agua; el repelente 2 contiene ceniza, cal de piedra y agua; el nes contiene cal de piedra, azufre y agua. Con respecto a las semillas la mayoría de ellas son reutilizadas dentro del huerto, sólo son compradas en veterinaria las semillas de acelga, apio, betabel, cebolla, col, ejote, espinaca, cebolla poro, rábano y zanahoria.

Testimonio del agricultor. En las visitas hechas a este huerto se descubrió que en el pasado el productor adoptó el tipo de manejo agroindustrial y decidió abandonarlo para instalar un nuevo huerto en un área diferente que fuera regido por el modelo agroecológico. Tuvo consciencia de la importancia que cobraba este tipo de producción para la salud del ambiente y de su familia la cual consume los alimentos cosechados. Esta persona participó en cursos, talleres y redes de producción orgánica y natural de alimentos, sirviendo de base para llevar a cabo los principios de la agroecología en el nuevo terreno. De esta manera sus productos son comercializados en mercados locales/ regionales agroecológicos, asimismo se encuentra expandiendo su producción y su actividad mediante la implementación de proyectos de agroturismo en el lugar.

4.1.2.3 Huerto agroecológico "Las Cañadas Bosque de Niebla", Huatusco – Veracruz

El tercer huerto agroecológico (HA3) ubicado en el municipio de Huatusco tiene alrededor de 153 camas cultivables sujetas al método de cultivo biointensivo. Además de producir alimentos, este huerto produce todo el material necesario para compostear la totalidad del área, mediante el cultivo de camas de carbono. En el sitio oficial web de Las Cañadas Bosque de Niebla[1], lo describen como un método de agricultura orgánica en pequeña escala que por sus características usa tecnología sencilla pero sofisticada, lo que permite que sea fácilmente adoptado por pequeñas comunidades con los recursos naturalmente existentes. Desde 1996 en Las Cañadas se practica el Método Biointensivo de Cultivo de alimentos y las personas que trabajan en esta cooperativa se encuentran certificados como maestros. Algunos de los aspectos importantes del método mencionado son: la doble excavación, camas elevadas; composta; siembra cercana; asociación de cultivos; cultivo de carbono; cultivo de calorías; uso de semillas de polinización abierta; y la integralidad del método.

[1] Cultivo Biointensivo. Sitio web oficial de Las Cañadas Bosque de Niebla. http://www.bosquedeniebla.com.mx/hacagrbio.htm

Testimonio del agricultor. A este huerto se realizaron dos visitas en las cuales se pudo constatar el manejo agroecológico del lugar. Existe un sistema de bosque comestible que brinda servicios ecosistémicos al huerto para el manejo integrado de plagas, en especial. Este lugar tuvo una etapa ganadera de 1988 a 1995 en la cual se destinaba gran parte del área para ganadería intensiva con el propósito de producir carne de res; en dicho periodo se erosionó el suelo. Desde 1995 Las Cañadas es un lugar restaurado ecológicamente, sin embargo la etapa de cooperativa con autoproducción de alimentos y de vida más sostenible se ha llevado a cabo desde 2006 hasta la fecha. Cuentan con una escuela secundaria cuya base de conocimiento es la agroecología y la permacultura, donde los niños tiene posibilidad de aprovechar los recursos así como los alimentos del huerto para sus clases de cocina.

4.2 Metodología del análisis energético

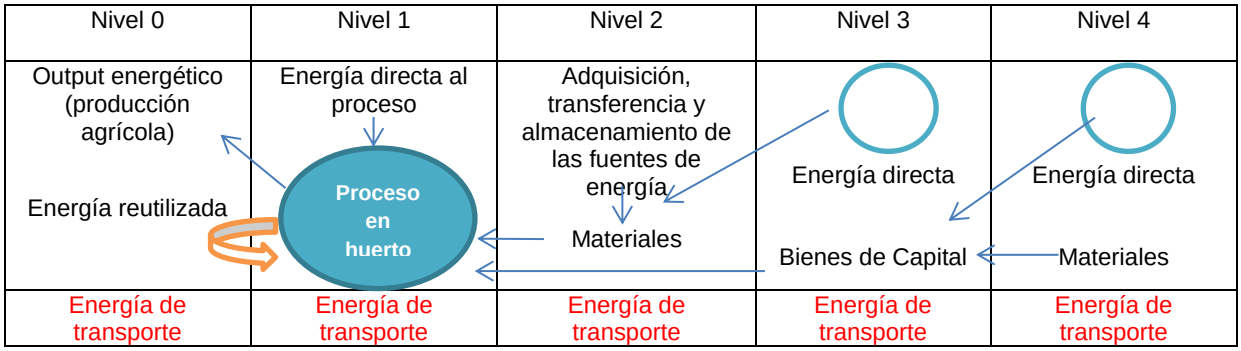
Para le realización de un AE se propone la definición y el seguimiento de los siguientes pasos metodológicos: 1. Establecer los límites del proceso-objeto de análisis; 2. Identificar los factores involucrados en el proceso; 3. Asignar la energía específica a cada factor y asignar las cargas; 4. Estimar los inputs/outputs energéticos; y 5. Elaborar los resultados (Pérez-Neira, 2010)

4.2.1. Límites del sistema

Los niveles que componen el AE fueron propuestos por (IFIAS 1978). En este trabajo se han definido cinco niveles, donde el **Nivel 0** recoge el output energético o salidas de energía, entre las cuales se puede incluir el reempleo, la transformación por los propios agricultores, las ventas y el autoconsumo. El **Nivel 1** agrupa las entradas de energía directa **(ED)**, es decir, la energía que se consume en la explotación. Aquí se incluye el consumo de combustibles fósiles, electricidad y gas. El **Nivel 2** recoge la energía indirecta **(EI)** necesaria para producir los materiales utilizados en el proceso y para suministrar la energía directa en el nivel 1. El **Nivel 3** agrupa requerimientos energéticos relacionados con la amortización de equipos materiales o del capital fijo **(EC). El Nivel 4** involucra la energía necesaria para el mantenimiento de equipos materiales o del capital fijo **(EC).**

La energía total **(ET)** utilizada en el proceso está dada por la suma de la **ED + EI + EC.** No se tuvo en cuenta el consumo energético del transporte.

Figura 4. Límites del sistema de producción agrícola



Elaborado a partir de IFIAS (1978) y Pérez-Neira, *et al* (2013)

4.2.2 Salidas-entradas energéticas y la equivalencia masa-energía

4.2.2.1 Salidas energéticas (Output energético)

Para determinar las salidas energéticas totales, se le ha asignado el contenido energético de cada hortaliza en megajulios (Mj kg^{-1}) y se multiplicó por su peso total de la producción del año 2014 de cada huerto.

$$Output\ Energético\ (OE)_{(i)} = output\ agrícola\ (OA)_{(i)}\ (kg)\ \times\ \alpha^{-1}(i)(Mj\ unidad^{-1}) \qquad \textbf{(1)}$$

Donde: *i:* tipo de cultivo; $\alpha_{(i)}$: conversor energético del cultivo *i*

4.2.2.2 Entradas energéticas (Inputs energéticos)

Para obtener el consumo total de energía tuvo que asignarse a cada insumo su conversor energético correspondiente en megajulios (Mj) que por supuesto dependió de la unidad del insumo. Los equivalentes/conversores energéticos, así como las unidades y las referencias bibliográficas se encuentran recopilados en la tabla 1; igualmente se aprecian los insumos considerados como entradas de energía directa y los de energía indirecta. La valoración energética es hecha para cada cultivo *i* mediante la siguiente ecuación:

$$Consumo\ Total\ de\ Energía\ (CTE)_{(ji)} = \sum insumo\ (I)_{(ji)}\ (unidad)\ \times\ \beta_{(j)}^{-1}\ (Mj\ unidad^{-1}) \qquad \textbf{(2)}$$

$$= \sum (\boldsymbol{ED})_{(ji)}\ (Mj) + (\boldsymbol{EI})_{(ji)}\ (Mj) + (\boldsymbol{EC})_{(ji)}\ (Mj)$$

Donde: ***ji*:** insumo *j* (diésel, estiércol, trabajo, maquinaria) del cultivo *i;*
I: insumo (Unidad física);
$\beta_{(j)}$: conversor energético del insumo *j;*
ED: Energía directa;
EI: Energía indirecta;
EC: Energía de capital.

Tabla 2. Equivalentes energéticos de los insumos (β_j)

A. Insumos (inputs)	Unidad	Equivalente energético (MJ unidad^{-1})	Equivalente energético (MJ unidad^{-1})
		Nivel 1 (ED)	Nivel 2 (EI)
1. Semillas			
Compra	Kg o unidad	0.07	-
Reuso		EB cultivo *i*	-
2. Fertilización orgánica			
Composta	Kg	-	1.3
Azufre	Kg	-	4
Boro	Kg	-	120
Manganeso	Kg	-	4
Roca fosfórica	Kg	-	8.3
Otros fertilizantes orgánicos	Kg	-	3.6
Fertilización química			
Nitrógeno (N)	Kg	-	66.14
Fósforo (P)	Kg	-	12.44
Potasio (K)	Kg	-	11.15
3. Fitosanitarios			
Repelentes orgánicos	Kg	-	4
Herbicidas e insecticidas	Kg	-	240
4. Diésel	Kg	39.27	9.52
5. Aceites y lubricantes	Kg	-	67.25
6. Plásticos	Kg	-	90
7. Herramientas			
Acero	Kg	-	71
Madera	Kg	-	14
8. Energía eléctrica	Kw/h	4.05	8.22
9. Trabajo	Mj/H	0.54	
B. Capital fijo	Unidad	(MJ unidad^{-1}) Nivel 3 (EC)	(MJ unidad^{-1}) Nivel 4 (EC)
1. Maquinaria			
Pequeña (<50 CV)	Kg	53.5	13.9
2. Renta de maquinaria			
60 CV	H	13.4	6.9
120 CV	H	22.3	11.6

Elaborado a partir de Pérez-Neira, *et al.* (2013); Asakereh *et al*. (2010); Canacki. (2010); Mobtaker *et al*. (2010); Guzmán y Alonso (2008); Meul *et al*. (2007); Yilmaz *et al.* (2005); Ozcan, *et al*. (2004); Singh JM. (2002); Nagy (1999); Doering (1980); Fluck (1992); Hetz (1992) y (1998); Tsatsarelis, C.A. (1992).

4.2.3 Estimación de los indicadores para el análisis energético

Para determinar los indicadores fue necesario utilizar la información obtenida anteriormente de la producción agrícola (salidas energéticas u output energético), los insumos y la eficiencia energética por grupos de cultivos definidos en las ecuaciones mostradas a continuación (IFIAS, 1974; Canakci *et al*, 2005; Yilmaz *et al.* 2005; Demircan *et al.* 2006; Ghorbani *et al.* 2011, Pérez-Neira, 2013).

$$Productividad\ Energética\ (PE)_{(i)} = Output\ Energético (OE)_{(i)}(Mj)\ \times\ área^{-1}\ (A)_{(i)}\ (ha) \quad \textbf{(3)}$$

Las productividades en masa y en energía hacen referencia al total estimado de las hortalizas vendidas de cada huerto.

$$Energía\ Neta\ (EN)_{(i)} = (OE)_{(i)}(Mj) -\ (CTE)_{(i)}(Mj); \quad \textbf{(4)}$$

$$Balance\ Energético\ (BE)_{(i)} = OE_{(i)}(Mj) \times\ CTE_{(i)}^{-1}(Mj) \quad \textbf{(5)}$$

Mediante el siguiente indicador se calculó el consumo de energía no renovable. Aquí se incluyeron todas las entradas de energía en forma de diésel, aceites, lubricantes, herramientas, plásticos, fertilizantes, herbicidas, pesticidas y maquinaria. Adicionalmente se ha restado del 25% de energía eléctrica que es producida por fuentes renovables en México (eólica, mareomotriz, hidráulica, geotérmica, biomasa y solar), a partir de la información suministrada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la Secretaría de Energía del gobierno de México.

$$(CTEnr)_{(i)} =\ \sum(\boldsymbol{EDnr})_{(i)}(Mj) + \sum(\boldsymbol{EInr})_{(i)}(Mj) + \sum(\boldsymbol{ECnr})_{(i)}(Mj) \quad \textbf{(6)}$$

Donde:
CTEnr: Consumo total de energía no renovable
EDnr: Energía directa no renovable
EInr: Energía indirecta no renovable
ECnr: Energía de capital no renovable.

$$(BEnr) =\ OE_{(i)}(Mj) \times CTEnr_{(i)}^{-1}(Mj) \quad \textbf{(7)}$$

Donde: *BEnr:* Balance energético no renovable

4.2.4 Estimación de los indicadores para el análisis económico

Para el Análisis Económico se realizó una estructura de costos e ingresos de la producción. Posteriormente se estimaron los indicadores económicos de margen bruto, margen neto, el balance monetario y el beneficio empresarial detallados en las ecuaciones 8, 9 y 10. El margen bruto se estima restando el costo total de la

producción al ingreso total. Luego fue necesario separar las amortizaciones de maquinaria y herramientas para hacer el cálculo del margen neto, ya que éste se halla restando las amortizaciones al margen bruto. El balance monetario bruto y neto resulta del cociente entre el ingreso total sobre el costo total con y sin amortizaciones, respectivamente. El beneficio empresarial se calcula restándole a los ingresos todos los costos empresariales incluyendo el costo de oportunidad del trabajo.

$$\boldsymbol{Margen\ Bruto}\ (\boldsymbol{MB}) = Ingresos\ (\$\ Kg^{-1}) - \ Costos\ de\ Producción\ (\$\ Kg^{-1}) \quad \textbf{(8)}$$

Donde:
Costos de Producción = fertilización + protección de cultivos + electricidad + diesel + aceite + herramientas + otros gastos (incluido el transporte del grano seco) + trabajo asalariado

$$\boldsymbol{Margen\ Neto}\ (\boldsymbol{MN}) = Margen\ Bruto\ (\$\ Kg^{-1}) - \ Amortizaciones\ (\$\ Kg^{-1})$$

$$= \ Ingresos\ (\$\ Kg^{-1}) - Costos\ Totales\ (\$\ Kg^{-1}) \quad \textbf{(9)}$$

Donde:
Costos Totales = Costos de Producción + Amortizaciones + Impuestos

$$\boldsymbol{Balance\ monetario\ bruto}\ = \frac{Ingresos\ (\$\ Kg^{-1})}{Costos\ de\ producción\ (\$\ Kg^{-1})} \quad \textbf{(10)}$$

$$\boldsymbol{Balance\ monetario\ neto} = \frac{Ingresos\ (\$\ Kg^{-1})}{Costos\ de\ producción\ \text{sin}\ amortizaciones\ (\$\ Kg^{-1})} \quad \textbf{(11)}$$

$$\boldsymbol{Beneficio\ Empresarial}\ (\boldsymbol{BE})\ = \ Margen\ Neto\ (\$\ Kg^{-1}) - Trabajo\ Familiar\ (\$\ Kg^{-1})$$
$$= \ Ingresos(\$\ Kg^{-1})\ - \ Costos\ Empresariales(\$\ Kg^{-1}) \quad \textbf{(12)}$$

Donde:
Costos Empresariales = Costos Totales + Trabajo Familiar
El trabajo familiar se ha valorado al precio medio del jornal: 150 $ jornal^{-1} (8 horas por jornal)

Fuente: Pérez-Neira, *et al.* (2013); Grollmus (2013)

CAPÍTULO IV

5. RESULTADOS

5.1 Resultados energéticos

Los resultados de las partidas energéticas que componen la producción total y los insumos de los tres huertos estudiados son presentados a continuación en una estructura de costos energéticos.

Tabla 3. Producción total y productividad energética

	Unidad	HI1	HA2	HA3
Producción Total	Kg/superficie cultivada	135,000	6,333.3	2,147.8
Producción Total	Kg/ha	135,000	57,575	21,694.7
Productividad energética	Mj/kg	0.93	1.37	1.35
Productividad energética	Mj/ha	125,308.8	79,008.3	29,236.6

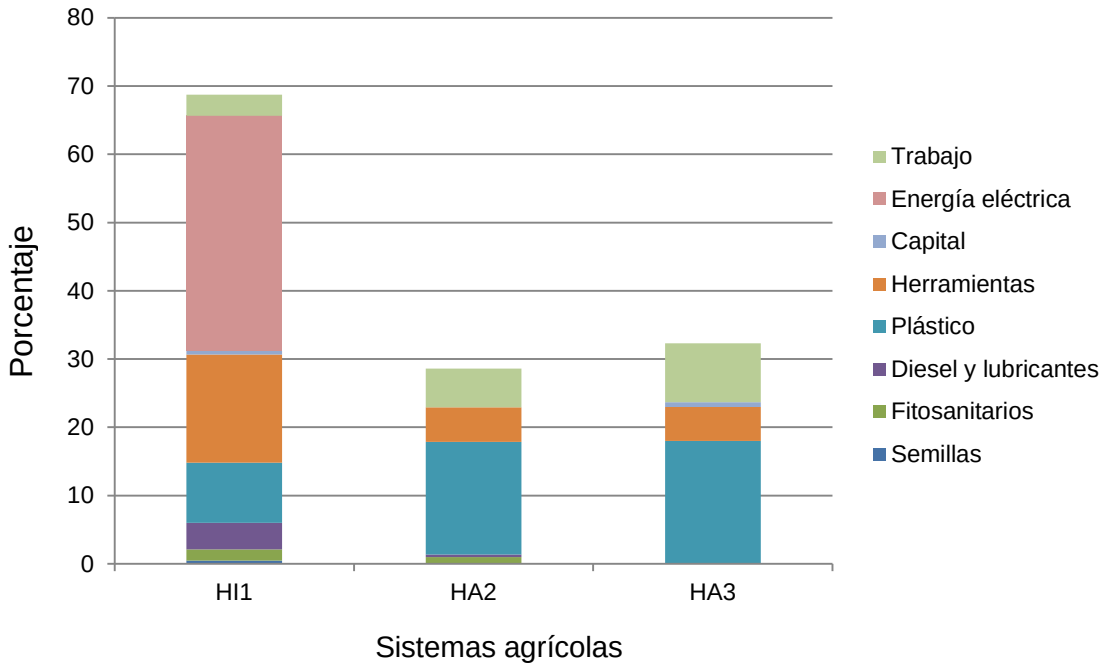
La tabla 3 muestra que términos de masa, el huerto con **mayor productividad** por hectárea fue HI1 ya que produce 135,000 Kg/ha; luego se identificó que el segundo huerto más productivo fue HA2 con un dato de 57,575 Kg/ha; y en último lugar se encuentra HA3 con una producción de 21,694.7 Kg/ha. En relación con las salidas energéticas por kilogramo de hortaliza producida, se identifica a HA2 como el huerto con **mayor contenido energético** medio en sus cultivos con un dato de 1.37 Mj/kg. Seguido, se encuentra HA3 con una producción de 1.35 Mj/kg. Finalmente, la huerta con la productividad energética más baja es HI1 con un dato de 0.93 Mj/kg.

Tabla 4. Estructura de costos energéticos

Gastos Energéticos	UNIDAD	HI1		HA2		HA3	
		Estimación	%	Estimación	%	Estimación	%
Semillas	Mj/Kg	0.02	0.5	0.00	0.0	0.00	0.0
Fertilizantes	Mj/Kg	1.04	31.3	2.06	71.4	5.81	67.7
Fitosanitarios	Mj/Kg	0.05	1.6	0.03	1.0	0.0	0.0
Diesel y lubricantes	Mj/Kg	0.13	3.9	0.01	0.4	0.0	0.0
Plástico	Mj/Kg	0.29	8.8	0.48	16.5	1.55	18
Herramientas	Mj/Kg	0.53	15.8	0.14	5.0	0.43	4.9
Capital	Mj/Kg	0.02	0.5	0.00	0	0.06	0.7
Energía eléctrica	Mj/Kg	1.15	34.5	0.00	0	0.00	0.0
Trabajo	Mj/Kg	0.10	3.1	0.16	5.7	0.74	8.6
CTE	**Mj/Kg**	**3.34**	**100**	**2.88**	**100**	**8.59**	**100**

La tabla 4 presenta los gastos o costos energéticos acarreados en los tres sistemas agrícolas estudiados así como se muestra la producción anual de hortalizas en cada uno de ellos. Asimismo se muestra que las entradas energéticas más significativas son la fertilización y la utilización de plásticos en todos los huertos. El **costo total energético (CTE)** más alto es el de HA3 (8.6 Mj/kg). Seguido se encuentra HI1 con un CTE de 3.3 Mj/kg; y en tercer lugar está HA2 que presenta un CTE de 2.9 Mj/kg.

Gráfica 1. Estructura de costos energéticos de la producción en función del manejo productivo excluyendo el costo asociado a la fertilización (%)



En la gráfica 1 se presenta la distribución de las principales partidas de gasto energético de los tres huertos estudiados. Como se observa, los huertos agroecológicos HA2 y HA3 manifiestan un consumo energético muy similar entre sí, excepto porque en HA2 se utilizan productos fitosanitarios naturales y en HA3 no se utiliza ningún producto para la protección de cultivos pero sí se utiliza maquinaria pequeña. Por otro lado, la notoria diferencia entre los huertos agroecológicos y HI1 se atribuye a la utilización de energía eléctrica en HI1, insumo que representa el 34.5% del total de energía ingresada a ese sistema de producción.

Cabe anotar que la partida de fertilización no se incluye en la gráfica 1 debido a que los huertos agroecológicos tienen un elevado ingreso energético proveniente de la

fertilización orgánica (composta) que no permite visibilizar adecuadamente las entradas energéticas de otros insumos. Por tanto el porcentaje de energía ingresada a los sistemas proveniente de todos los insumos expuestos en la gráfica representan para HI1 un 69%, para HA2 un 29% y para HA3 un 32%. El porcentaje restante pertenece a la fertilización que para HI1 es de 31%, para HA2 es de 71% y para HA3 es de 68%. En HA2 se utilizan 8,600 kg y en HA3 se aplican 7,700 kilogramos de composta al año.

Por su parte la maquinaria no representa una de las principales partidas energéticas. Ésta utiliza entre el 0.5% y el 0.7% del consumo de energía total en todas las huertas. HA3 arroja el mayor dato de energía consumida proveniente de la maquinaria (0.06 Mj/kg). El consumo energético de HI1 asociado a la maquinaria es de 0.02 Mj/kg, mientras que en HA2 no se utiliza ningún tipo de maquinaria.

Las partidas más significativas de HI1 son la energía eléctrica (34.5%) y la fertilización (31.3%); seguidas por las herramientas (15.8%), plásticos (8.8%), diésel y lubricantes (3.9%), trabajo (3.1%), fitosanitarios (1.6%), maquinaria (0.5%) y semillas (0.5%). En HA2 las partidas con mayor porcentaje son la fertilización (71.4%) y los plásticos (16.5%); seguidas por trabajo (5.7%), herramientas (5%), fitosanitarios (1%) y diésel y lubricantes (0.4%). Las partidas más importantes en HA3 son la fertilización (68%) y plásticos (18%); seguidas por el trabajo (8.6%), herramientas (4.9%) y maquinaria (0.7%).

Tabla 5. Composición de input según tipo de energía

Tipo de energía	HI1		HA2		HA3	
	Mj/kg	%	Mj/kg	%	Mj/kg	%
Energía directa	1.12	33.5	2.22	77.1	5.4	63.1
Energía indirecta	2.21	66.0	0.66	22.9	3.1	36.2
Energía de capital	0.01	0.5	0.00	0.0	0.1	0.7
Energía renovable	0.64	19.1	2.25	78.1	6.6	76.3
Energía no renovable	2.70	80.9	0.63	21.9	2.0	23.7
CTE	**3.34**	**100.0**	**2.88**	**100.0**	**8.59**	**100.0**

% respecto al CTE

Con base en los resultados reflejados en la tabla 4 se observa que HI1 consume 2.21 Mj/kg de **energía indirecta**, esto es un 66% del total de energía consumida. En lo que respecta a HA2, ésta muestra un consumo de 0.66 Mj/kg de energía indirecta que representa el 23% de la energía total. Por su parte HA3 consume 3.2 Mj/kg, lo que es un 36.9% del total de consumo de energía. Ahora, en lo que respecta al

consumo **energía directa,** el 33.5% de la energía total consumida en HI1 proviene de fuentes directas. En HA2 el consumo de energía directa representa el 77% de la energía total que entra a la huerta. Por su parte en HA3 esta energía abarca el 63%.

Por otra parte, en HI1 sólo un 19% de la energía que ingresa al sistema es energía renovable. A diferencia de HA2 y HA3, **la energía renovable** representa, de forma respectiva, el 78% y 76.3% del total de energía que utiliza en la producción. Por consiguiente los resultados del consumo de **energía no renovable** demuestran que HI1 utiliza un 80% de fuentes no renovables. En contraste, HA2 utiliza 22% y HA3 utiliza 23.7% de energía no renovable.

Indicadores energéticos

A partir de las partidas mostradas en la tabla 3 se calcularon los indicadores energéticos de productibilidad de energía neta, balance energético, productividad de energía neta no renovable y balance energético no renovable que se presentan a continuación en la tabla 5.

Tabla 6. Indicadores energéticos

Indicadores energéticos	Unidad	HI1	HA2	HA3
PEN	Mj/kg	-2.41	-1.51	-7.24
BE	Mj/kg	0.28	0.48	0.16
CTEnr	Mj/kg	2.42	0.62	2.03
PENnr	Mj/kg	-1.49	0.75	-0.69
BEnr	Mj/kg	0.38	2.21	0.66

El indicador de **producción de energía neta (PEN)** demuestra que HA3 es el sistema agrícola en el cual ingresa más energía de la que sale en forma de producto, con un resultado de -7.24 Mj/kg; seguido de HI1 y HA2 con PEN de -2.41 Mj/kg y -1.51 Mj/kg, respectivamente. Como es sabido, para el Análisis Energético es importante identificar la porción tanto de energía renovable como no renovable que ingresa a los sistemas agrícolas, por tal razón se generó el indicador de **producción de energía no renovable neta** donde HI1 resultó ser el huerto con mayor ingreso de energía procedente de fuentes no renovables por cada kilogramo de producto con un dato de -1.49 Mj/kg, seguido de HA3 (-0.69 Mj/kg); mientras HA2 obtuvo un resultado de 0.75 Mj/Kg. El **balance energético (BE)** es el principal indicador de la sostenibilidad y la eficiencia energética de la producción agrícola, así se demuestra

que HA2 resulta ser la más eficiente con un BE de 0.48, seguida de HI1 con un BE de 0.28, lo que deja en último lugar de eficiencia a HA3 con un BE de 0.16. Asimismo se calculó el balance energético dentro del cual se toma en cuenta sólo los insumos provenientes de **fuentes no renovables (BEnr)**, de esta forma HA2 es el más eficiente en el uso de energías renovables al tener un BEnr de 2.21, seguida de HA3 con 0.64, y por último HI1 es el menos eficiente con un dato de 0.38.

5.2 Resultados económicos

En la tabla 7 se presentan los costos monetarios de los insumos utilizados, el costo total y el ingreso total de la producción de HI1, HA2 y HA3. Se aprecia que el costo más importante en el que incurre el productor de HI1 es en fertilización química, el de HA2 en semillas y el de HA3 en herramientas. De forma respectiva, estas partidas representan el 52% (0.77 $/kg), 78.6% (0.07 $/kg) y el 40.8% (0.6 $/kg) del costo total.

Tabla 7. Estructura de costos monetarios

Costo de los insumos		HI1		HA2		HA3	
		Estimación	%	Estimación	%	Estimación	%
Semillas	$/kg	0.21	14.1	0.071	78.6	0.34	22.4
Fertilizantes	$/kg	0.77	52	0.0	0.0	0.30	19.6
Fitosanitarios	$/kg	0.37	24.8	0.004	4.0	0.0	0.0
Diesel, aceites y lubricantes	$/kg	0.04	2.9	0.016	17.4	0.0	0.0
Energía eléctrica	$/kg	0.05	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Herramientas	$/kg	0.029	2.9	0.0	0.0	0.6	40.8
Otros costos	$/kg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	17.2
Costo medio (sin amortizaciones)	$/kg	1.47	100.0	0.1	100.0	1.53	100.0
Costo total	Miles de $	744.3		3.3		55.0	

Los costos más importantes de HI1 corresponden a la compra de agroquímicos, puesto que después de la fertilización (52%), los costos más altos son aquellos incurridos en la compra de productos fitosanitarios (24.8%) y en semillas tratadas (14.1%). En HA2 el costo más alto es el asociado a la compra de semillas (78.6%), luego el gasto en lubricantes (grasa agrícola) que representa el 17.4% del costo total y los productos para la preparación de los fitosanitarios que tienen un 4% de participación en el costo total. Por último para HA3 los costos más altos

corresponden a los de las herramientas (40.8%), semillas (22.4%) y fertilización (19.6%).

Cabe destacar, que HI1 incurre en dos gastos importantes que las otras dos huertas no tienen. Por un lado tiene un gasto de 0.05 $/kg en energía eléctrica. Este costo representa el 3.4% del costo total. Así mismo el gasto de 0.4 $/kg en diésel significa un 2.9% del costo total. Respecto a HA2, el productor sólo incurre en un gasto menor de 0.004 $/kg en productos para los repelentes o fitosanitarios naturales, lo que representa un 4% de su costo total. HA3 incurre en costos adicionales de papelería, mantenimiento y tuzas para el control de plagas, esto es 0.3 $/kg, que representa el 17.2% del costo total.

El costo total de producción que no toma en cuenta las amortizaciones fue muy cercano entre HI1 y HA3 con valores de 1.47 $/kg y 1.53 $/kg, respectivamente. Mientras que en HA2 éste valor fue tan sólo de 0.1 $/kg.

Tabla 8. Ingresos por ventas y beneficio

Ingresos	Unidad	HI1	HA2	HA3
Por venta de hortalizas	$/kg	6.7	24.2	18.7
Otros	$/kg	0.0	0.0	30.3
Ingreso medio	$/kg	6.7	24.2	49
Ingreso total	Miles de $/superficie cultivada	900.4	153	105.3
Beneficio	Miles de $/superficie cultivada	157	149.7	49.7

En cuanto a los ingresos totales por ventas de hortalizas y otros, estos variaron mucho entre los huertos. De esta manera, HI1 tuvo un ingreso total de 6.7 $/kg; seguido, HA2 arrojó un ingreso de 24.2 $/kg; y HA3 se destacó por un alto ingreso de 49 $/kg, donde cabe aclarar que se incluyeron ingresos adicionales de 30.3 $/kg por concepto de venta de semillas y plantas.

Para obtener el beneficio en miles de pesos por superficie cultivada sólo se descontaron los costos a los ingresos de los sistemas agrícolas. El productor de HI1 tiene una ganancia de $157,000 en 1 ha; por su parte HA2 le genera al agricultor ganancias de $149,700; mientras que en HA3 las ganancias son cercanas a los $50,000.

Indicadores económicos

En la tabla 9 se describen los resultados del **margen bruto (en miles $/superficie cultivada)** arrojan que el huerto más rentable es HI1 ($699,500), seguido de HA2 ($152,500) y de HA3 ($102,000). Asimismo el **margen neto (en miles de $/superficie cultivada)** sigue demostrando que HI1 es el sistema con mayor rentabilidad ($442,100), seguido de la misma manera por HA2 ($149,100) y de HA3 ($97,500). Esto se debe a la existencia de diferentes superficies cultivadas entre los tres huertos, por dicha razón el **margen bruto por kilogramo** es el indicador que mejor refleja la rentabilidad en este caso. Así el **margen bruto ($/kg)** demuestra que el huerto con mayor rentabilidad es HA3 (47.5 $/kg), seguido se encuentra HA2 con resultado de 24.1 $/kg y la menor rentabilidad corresponde a HI1 con un margen de 5.2 $/kg. No obstante los resultados arrojados en el **balance monetario bruto** ponen en primer lugar a HA2 ya que produce 266.5 de unidades monetarias por cada unidad invertida, seguido se encuentra HA3 con un BM bruto de 32.1; de esta forma, en último lugar se encuentra HI1 con un dato de 5.2.

Tabla 9. Indicadores económicos

Indicadores económicos	Unidad	HI1	HA2	HA3
Margen bruto	Miles de $	699.5	152.5	102.0
Margen bruto	$/kg	5.2	24.1	47.5
Balance Monetario bruto	-	4.5	266.5	32.1
Herramientas y maquinaria amortizadas	$/kg	0.4	0.4	0.6
Costo total (con amortizaciones)	$/kg	1.9	0.5	2.1
Margen neto	Miles de $	442.1	149.1	97.5
Margen neto	$/kg	3.3	23.5	45.4
Balance Monetario neto	-	3.5	45.4	23.5
Costo oportunidad Trabajo	$/kg	3.6	5.7	25.7
Beneficio empresarial	$/kg	1.2	18.0	21.3
Beneficio empresarial	Miles de $/superficie cultivada	162	114	45.7

Ahora considerando **las amortizaciones**, el mayor costo total lo acarrea HA3 (2.1 $/kg), después se encuentra HI1 (1.9 $/kg), lo que pone en último lugar a HA2 (0.5 $/kg). Con respecto al **margen neto** y al **balance monetario neto**, HA3 presenta los datos más altos, de 45.4 $/kg y 23.5, respectivamente. Para esos mismos indicadores y en el mismo orden, HA2 obtuvo 23.5 $/kg y 45.4; mientras que HI1

obtuvo resultados muy bajos de 3.3 $/kg y 3.5. El **beneficio empresarial por kilogramo de producto** más alto lo obtuvo HA3 (21.3 $/kg), luego se encuentra HA2 (18.0 $/kg) y HI1 obtuvo el beneficio más bajo (1.2 $/kg). En cuanto al **beneficio empresarial por superficie cultivada** la mayor utilidad la obtuvo HI1 ($162,000), seguido de HA2 ($114,000) y por último HA3 ($45,700).

6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

6.1 Análisis energético

Para la realización del análisis sobre las diferencias entre el manejo de tipo convencional y el agroecológico se presenta a continuación en detalle la composición de todas las entradas energéticas. Antes, es importante recalcar que los tres huertos tienen diferentes superficies cultivables. Como ya se mencionó, HI1 tiene 1 ha de superficie cultivada, HA2 tiene una superficie de 0.11 ha y HA3 una de 0.10 ha. No obstante los resultados que se han obtenido al procesar los datos se han expuesto en Mj/kg para los tres huertos con el objetivo de tener representaciones equitativas que posibiliten la comparación entre el sistema agroecológico y el industrial en términos energéticos y económicos.

Guiados por estos resultados se aprecia que **HA3** es el huerto con un **mayor requerimiento energético** (8.6 Mj/kg), aclarando que el 76.3% de ese consumo total energético proviene de fuentes renovables que son el **trabajo manual humano** y la **fertilización orgánica**. Las razones por las que HA3 arroja un consumo energético siete veces mayor (0.74 Mj/kg) que HI1 (0.10 Mj/kg) y HA2 (0.16 Mj/kg) se debe a tres razones principales: a) la producción está sometida a un manejo biointensivo que requiere mayor trabajo manual; b) respecto a HI1, la diferencia energética entre estos dos sistemas radica en el tamaño del área de cultivo, ya que la superficie cultivable de HA3 es 10 veces menor que la de HI1, contando con el mismo número de empleados y las mismas horas de trabajo manual (2 trabajadores/8 horas diarias); c) respecto a HA2, la diferencia radica en que los trabajadores permanecen la mitad del tiempo (4 horas diarias) que uno de los empleados del HA3 (8 horas diarias). El manejo ecológico del cultivo implica que no se utilicen insumos externos como agroquímicos o maquinaria especializada, razón por la cual la energía directa proveniente del trabajo manual suple las funciones que estos insumos sintéticos tienen en la producción: preparación del terreno, chapeo, siembra, riego, protección de cultivos, preparación y aplicación de abonos hasta la cosecha.

De igual manera el alto requerimiento energético de HA3 se debe a que el 68% de la energía que se usa en el sistema proviene de la **fertilización orgánica** que es energía directa y renovable. Además estos elementos contienen una alta cantidad de energía. Si bien HA3 es el huerto que tiene el área cultivable más pequeña, en éste se utiliza alrededor de 7,700 kg de composta al año, una cantidad menor que en HA2 el cual utiliza 8,600 kg de composta anuales. Cabe anotar que el área cultivable de HA3 es un poco menor a la de HA2. Por cada kilogramo de producto, en HA3 se utilizan 5.81 Mj/kg de fertilización orgánica, un resultado representativo frente a los 2.06 Mj/kg de HA2 también de fertilización orgánica que aporta energía directa, y a

los 1.04 Mj/kg de energía indirecta no renovable que ingresa a HI1 por la fertilización química con NPS y NKS (ver tabla 2. Equivalentes energéticos de los insumos). Para la preparación de la composta y demás fertilizantes orgánicos de HA3 se hace uso de elementos locales que se obtienen de desechos de la cocina y el huerto, estiércol, cultivos de carbono, azufre, boro, manganeso y roca fosfórica.

Por otro lado, el requerimiento de **plásticos** de HA3 es mayor (1.55 Mj/kg) que el de HA2 (0.48 Mj/kg) y HI1 (0.29 Mj/Kg). El resultado de HA3 se debe a que en una superficie de producción de 0.10 ha, anualmente se utiliza plástico para invernadero, un tanque de depósito de agua con un peso de alrededor de 22 kg, nylon y botas de hule para trabajadores, principalmente. En HA2 se utiliza plástico para invernadero y mangueras para riego por gravedad. Por su parte HI1 utiliza plástico nylon para cubrir los surcos, cintillas para riego por bombeo, mangueras de 2” y ½”, filtros, tanques de 200 L para almacenamiento de agua, hilo para estabilización de cultivo, cubetas, rejas para empacar la cosecha, guantes de poliuretano y botas de hule para los recolectores.

Las partidas de **energía eléctrica y diésel/lubricantes** por su parte son las más significativas fuentes de energía no renovable en un sistema de producción agrícola moderno, por esta razón son partidas diferenciadoras entre el tipo de manejo industrial y el agroecológico. Así mientras HI1 consume 1.15 Mj/Kg de energía eléctrica utilizada en el riego por bombeo, HA2 y HA3 prescinden completamente de la utilización de electricidad en la producción, puesto que en ambos huertos se encuentran instalados sistemas de riego por gravedad. Con respecto al consumo de combustibles fósiles, HI1 tiene un consumo de 0.13 Mj/kg de energía proveniente de combustibles fósiles (diésel y aceites) siendo una cantidad importante de energía que entra al sistema comparada con el consumo de 0.01 Mj/Kg de HA2 proveniente de la grasa agrícola industrial; mientras tanto HA3 no consume ningún tipo de combustible fósil.

En lo que respecta a la **maquinaria** el mayor consumo de energía de **capital** lo tiene HA3 con un resultado de 0.06 Mj/kg, el siguiente lo tiene HI1 con un consumo de 0.02 Mj/kg y en HA2 no existe utilización de maquinaria alguna. Vale destacar que la única maquinaria con la que cuenta HA3 es una picadora de pasto manual pequeña, es decir, maquinaria que no requiere energía eléctrica ni fósil para su funcionamiento, simplemente la acción humana. Mientras tanto en HI1 se utiliza una bomba de riego de 12 hp, una bomba de aplicación de abono de 1.5 hp, tres aspersores de motor y se alquila un tractor de 250 hp dos veces al año.

Los resultados obtenidos en la tabla de **composición de input según el tipo de energía** muestran las fuentes –renovables, no renovables, directa, indirectas, de capital- de donde proviene la energía total que ingresa a los tres sistemas de

producción. Además dentro del contexto de la crisis energética y dependencia del petróleo para la producción de alimentos se demuestra que HI1 tiene un comportamiento energético menos sostenible en la medida que utiliza mayor proporción de energía indirecta y no renovable proveniente la electricidad, petróleo, plásticos, uso de maquinaria así como de fertilizantes y fitosanitarios sintéticos. Todo lo contrario sucede en HA2 y HA3 donde la mayoría de la energía utilizada en la producción es directa, renovable, local proveniente del trabajo manual humano, la protección natural y bilógica de cultivos así como de la fertilización orgánica con composta, lombricomposta, biofertilizantes y elementos naturales.

Se observa que para producir 1 kilogramo de producto HI1 consume 2.21 Mj/kg de **energía indirecta** –cuenta que incluye la energía indirecta de capital-, esto es un 66% del total de energía consumida. Esta porción de energía proviene de insumos externos, como son los agroquímicos -fertilizantes y fitosanitarios sintéticos-, herramientas, electricidad, maquinaria, plásticos, así como diésel, aceites y lubricantes. Los fertilizantes químicos utilizados en HI1 son N-P-K (18-46-0; 16-16-16; 15-30-15; 12-61-0) y el N-K-S (12-0-46); y los fitosanitarios químicos como el Ranman, Consento, Previcur, Dorosal, Koromite, Savey, Dupont Coragen, entre otros. Otro 33.5% del consumo total de energía pertenece a **energía directa** que ingresa a HI1 por concepto de semillas, troncos para la estabilización del cultivo, diésel, energía eléctrica y el trabajo humano. El último 0.5% corresponde a la **energía directa de capital** que proviene de las bombas de riego, los aspersores de motor y el alquiler del tractor.

En lo que respecta a HA2, este huerto consume 0.66 Mj/kg de **energía indirecta** que representa el 23% la energía total, atribuida principalmente a la utilización de plásticos, además de repelentes (fitosanitarios naturales) que tienen algunos componentes que no se producen dentro del huerto como lo son los chiles, ajos, cebollas, cal, azufre y ceniza. Por su parte el consumo de **energía directa** representa el 77% de la energía total que entra al huerto, en especial por las semillas, el trabajo humano y por la fertilización realizada con composta, lombricomposta y biofertilizantes naturales.

Mientras tanto HA3 consume 3.2 Mj/kg de **energía indirecta**, esto es un 36.3% del total de consumo de energía, que proviene de la utilización de plásticos, herramientas, maquinaria pequeña y algunos insumos externos para fertilización como el azufre, boro, manganeso y roca fosfórica. De **energía directa** utiliza el 63% que se atribuye principalmente a las semillas que se obtienen del huerto mismo, la fertilización con composta y el trabajo humano. Y por último la **energía directa de capital** representa un 0.7% ya que utiliza maquinaria pequeña.

Por otro lado, los resultados de la **energía renovable** para HI1 demuestran que tan sólo el 19% de la energía consumida proviene de fuentes renovables como lo son las semillas, los troncos para estabilización de cultivo y el trabajo humano. Diferente a HA2 y HA3 de las cuales, de forma respectiva, el 78% y el 76.3% de energía provienen de dichas fuentes. En HA2 la energía renovable proviene de las semillas, la fertilización con composta, lombricomposta y biofertilizantes naturales, repelentes naturales así como del trabajo humano. En HA3 la energía renovable proviene igualmente de las semillas, composta, azufre, boro, manganeso, roca fosfórica para la fertilización; y del trabajo humano.

El consumo de **energía no renovable** en HI1 muestra un elevado 80% de la energía total consumida que proviene de los insumos externos previamente mencionados, demostrando así que HI1 es un sistema agrícola altamente dependiente de los combustibles fósiles, maquinaria y agroquímicos. En comparación, en la HA2 el 22% de la energía total utilizada proviene de fuentes no renovables, debido esencialmente al uso de herramientas y plásticos. Mientras que la HA3 arroja un dato de energía no renovable de 23.7% que se atribuye a la utilización de insumos para la fertilización, herramientas, plásticos y pequeña maquinaria.

Ahora, el **balance energético (BE)** muestra de manera general la eficiencia energética y la sostenibilidad de los sistemas de producción estudiados, ya que hace es el cociente entre el valor de todo el conjunto de insumos de energía (inputs) expresados en megajulios y el valor de todo el grupo de productos energéticos (outputs) dados en esa misma unidad de energía (Puntí, 1988).

Es así como HA2 con un BE de 0.48 es el huerto más eficiente, seguida de ésta se encuentra HI1 con un BE de 0.28, lo que deja en último lugar de eficiencia a HA3 con un BE de 0.16. No obstante, cabe aclarar que este resultado de HA3 se debe a que el huerto requiere grandes cantidades de composta anuales, que es energía directa renovable, caso distinto a HI1 dentro del cual la fertilización es estrictamente química como ya se hizo saber anteriormente. La gran cantidad de composta utilizada en HA3 se debe a la diversidad en la producción, las grandes cantidades de desecho de cocina, los cortes de los cultivos de carbono presentes dentro del sistema, el estiércol que producen los animales de la granja y la importancia del mantenimiento del huerto para fines pedagógicos, puesto que este es un espacio de aprendizaje y talleres de permacultura durante todo el año. Que HA3 tenga el BE más bajo se debe a que este indicador no tiene en cuenta sí la energía es directa o indirecta, y tampoco si proviene de fuentes renovables o no renovables, sino la totalidad de la energía que entra al sistema y la que sale de él indistintamente.

Como el BE muestra la eficiencia en términos generales, fue necesario calcular el **balance energético** que toma en cuenta la cantidad de energía cosechada y la compara con la cantidad utilizada de **fuentes no renovables (BEnr)** para estimar la eficiencia en el uso de estas energías. Por ello el BEnr resulta ser el indicador más fiable en cuanto a la sostenibilidad ya que estima la eficiencia de los tres sistemas en el uso de energías no renovables. Con base en estos resultados **HA2 es el huerto más eficiente al tener un BEnr de 2.21**, seguido por HA3 con un resultado de 0.64, y por último HI1 es la menos eficiente con un dato de 0.38.

6.2 Análisis Económico

Para obtener un análisis integral de la sostenibilidad de los sistemas agrarios estudiados es necesario vincular el Análisis Energético previamente hecho con algunos parámetros monetarios mediante un Análisis Económico, el cual sin duda refuerza el contraste entre la producción agroecológica y agroindustrial.

Así es importante mencionar que los **costos más importantes** en los que incurre HI1 son aquellos asociados a la fertilización, fitosanitarios y semillas; la suma de estos gastos en agroquímicos, para el mantenimiento de su sistema de monocultivo de tomate, asciende a 1.37 $/kg. Por su lado, los únicos costos que acarrea HA2 son en semillas, lubricantes y fitosanitarios que juntos suman 0.091 $/kg. Los de HA3 son en herramientas sin amortizar, semillas y fertilización que reunidos suman 1.24 $/kg.

Con respecto a **los ingresos** existen notorias diferencias entre huertos. El ingreso total de HA3 es de 49 $/kg, éste es un resultado elevado al compararse con el ingreso de 24.2 $/kg de HA2 y 6.7 51$/kg de HI1. El ingreso de HA3 se debe a que el huerto tiene un ingreso adicional anual de 30.3 $/kg por concepto de venta de semillas y plantones, aunado a esto el productor no incurre en gastos de insumos externos puesto que se utilizan recursos locales y desechos aprovechables del huerto y la cocina, por ello hay un mayor margen de ganancia.

El caso de HA2 es similar puesto que en la producción se utilizan desechos del huerto, desechos orgánicos municipales, leche, orín y estiércol de los animales criados dentro del sistema, todos estos insumos locales que no representan costo alguno para el productor. La comercialización de estas hortalizas en mercados locales da la posibilidad al productor de tener precios estables y no depender de las variaciones de los precios de mercado de las hortalizas. De esta manera él aprovecha los espacios regionales de comercialización de alimentos orgánicos donde los precios se fijan en común y justo acuerdo entre consumidor y productor, con base en el valor agregado de las prácticas agroecológicas durante todo el proceso productivo.

Por el contrario, los resultados de ingresos totales para el productor de HI1 demuestran que se encuentra sujeto a los precios establecidos por el mercado para el jitomate. Independientemente de los costos en los que tenga que incurrir en cada ciclo productivo por concepto de agroquímicos, renta de maquinaria, servicio de energía eléctrica, compra de herramientas, diésel, plásticos y semillas, el productor se debe ajustar al precio impuesto por la oferta y la demanda de esta hortaliza. Así se puede apreciar que existe incertidumbre en cuanto a la obtención de utilidades de la producción. De la misma manera se puede deducir que un sistema de monocultivo resulta ser más vulnerable tanto a enfermedades, plagas y fenómenos climatológicos así como a bajas en los precios de mercado.

La **amortización** de la maquinaria y las herramientas se hizo con base en supuestos sobre el periodo de vida útil de cada uno de estos insumos. Hubo herramientas pequeñas que no se amortizaron puesto que se desgastan rápidamente y se tienen que renovar estrictamente en un periodo de un año; otras de mayor vida útil sí se amortizaron al igual que la maquinaria. Los costos asociados a la amortización de capital fueron iguales en HI1 y HA2 con un resultado de 0.4 $/kg para ambos huertos. En HI1 los costos de amortización corresponden a las bombas de riego, los aspersores de motor y algunas herramientas; el tractor que prepara el terreno para el cultivo de tomate se arrienda, por lo tanto no se incluye en esta contabilidad. En HA2 estos costos corresponden únicamente a herramientas. Por su parte HA3 obtuvo un resultado mayor de 0.6 $/kg, que por supuesto se atribuye a herramientas pequeñas y a la picadora de pasto manual.

Luego de calcular los indicadores económicos y considerando el costo de la maquinaria el **margen neto** indicó que el huerto con mayor rentabilidad fue HA3 al obtener una utilidad total de $45.4 por cada kilogramo de producto vendido; esto se debe a que HA3 asigna precios fijos a sus hortalizas, ajustados de acuerdo a arreglos comunes entre socios, compradores y productores. Estos precios responden al tratamiento agroecológico que se hace del huerto, aunado a la mínima utilización de insumos externos y por tal razón no representan costos de producción significativos para HA3. Y aunque HA3 paga un salario a sus dos trabajadores, la diversificación en la producción permite que durante todo el año el huerto disponga de hortalizas y algunas semillas para venta, generando ingresos suficientes tanto para pagar a los trabajadores como para cubrir los pocos gastos en herramientas, mantenimiento, papelería, semillas y productos naturales para fertilización. Asimismo este huerto obtiene ingresos por venta de semillas del huerto lo que hace que su margen de ganancia sea aún más amplio.

En contraste, HI1 tiene un margen neto muy bajo de 3.3 $/kg debido a los altos costos de los agroquímicos para fertilización y protección del cultivo, herramientas, diésel, aceites, semillas y energía eléctrica. Mientras que HA2 se encuentra en una

posición intermedia con un margen neto de 23.5 $/kg, que se debe, al igual que en HA3 por el tratamiento agroecológico de su cultivo y los mínimos costos incurridos en herramientas, semillas, lubricantes así como en productos naturales para fertilización y protección de cultivos. Además HA2 no cuenta con trabajadores asalariados, el trabajo en el huerto es familiar y en sociedad.

Ahora, los resultados del **beneficio empresarial** han tenido una brecha significativa entre un tipo de producción y otro. Los beneficios obtenidos en HA2 y HA3 se acercan con un beneficio de 18 $/kg y 21.3 $/kg, respectivamente. Mientras tanto HI1 obtuvo tan sólo 1.2 $/kg en contraste con los huertos agroecológicos. Estos datos resultan interesantes al analizar que HA3 paga un costo más alto a sus trabajadores que los demás huertos. El salario pagado a los trabajadores es de $25.7 por kilogramo de hortaliza producida y pese a que representa un alto costo, HA3 obtiene el mayor beneficio ya que que sus demás costos de producción son mínimos (2.1 $/kg) y su ingreso por ventas de hortaliza y semillas es el más alto de los tres huertos (49.0 $/kg).

Seguido se encuentra HA2 con un beneficio empresarial de 18 $/kg. El costo de oportunidad del trabajo familiar por kilogramo de producto resulta ser de $5.7, teniendo un ingreso por ventas de $24.2 $/kg y costos de producción de 0.5 $/kg. Y por último el huerto con el beneficio empresarial más bajo es HI1 (1.2 $/kg) debido a que el salario pagado a sus empleados es de 3.6 $/kg, sus ingresos son de 6.7 $/kg y los costos de producción son de 1.9 $/kg. Los costos elevados en insumos externos y mano de obra no le posibilitan la obtención de grandes utilidades por kilogramo producido. Respecto a la comercialización, la cosecha de cada ciclo de tomate la vende exclusivamente a un cliente, lo que le condiciona a ofrecer su producto a un precio al mayoreo acordado previamente con su comprador y/o establecido por el mercado.

En cuanto al **beneficio empresarial en miles de pesos** por superficie cultivada se apreció que HI1 con una producción anual de 135,000 kg de jitomate en 1 ha de superficie, obtiene una utilidad ($162,000). Por su parte HA2 con una producción anual de 6,333.3 kg en 0.11 ha de superficie, el agricultor obtiene una ganancia nada despreciable de $114,000. En cuanto a HA3 con una producción anual tan solo de 2,147.8 kg en una superficie de 0.10 ha, su agricultor recibe utilidades de $45,748.

Esto significa que por superficie cultivada los huertos agroecológicos produjeron mucho menos, no obstante los precios de las hortalizas en los mercados orgánicos y también los que acuerdan con sus consumidores hace que esa menor producción sea bastante competitiva para generarle ganancias al agricultor, incluso invirtiendo menos en insumos agrícolas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- De acuerdo al análisis energético realizado, se demostró que el huerto que presenta el mayor requerimiento energético para responder al tipo de manejo y a su producción anual es HA3 (Huerto Agroecológico 3), con un consumo energético total de 8.6 Mj/kg. De ese total, la energía proveniente de fuentes renovables corresponde al 76% y la energía directa representa un 63%. La partida de la fertilización orgánica provee un 68% de energía renovable al sistema.

- El segundo huerto con mayor requerimiento energético fue HI1 (Huerto Industrial 1) demostrando un consumo de 3.3 Mj/kg, del cual el 19% proviene de fuentes de energía renovable y el 34% de energía directa. El consumo de energía eléctrica representa el 34.5% de la energía total que ingresa a este sistema de cultivo. Por su parte, el consumo de diésel representa un 3.9%.

- Así HA2 (Huerto Agroecológico 2) demostró tener el menor requerimiento energético total con un dato de 2.9 Mj/kg, del cual el 78% representa un consumo de energía renovable y 77% de energía directa.

- El balance de energía no renovable (BEnr) resulta ser el indicador energético más relevante para medir la sostenibilidad de los tres sistemas agrarios estudiados, ya que la relación entre la energía cosechada (output energético) y la energía no renovable utilizada (input energético) para la producción. Así, se demostró que los huertos agroecológicos (HA2 y HA3) fueron más eficientes en el uso de energía proveniente de fuentes no renovables que el huerto industrial (HI1) en un contexto de dependencia energética, escasez de petróleo y cambio climático en el que se encuentra inmersa la actividad agrícola. Los resultados arrojaron un BEnr para HA2 de 2.21, seguido de HA3 con un resultado de 0.64 y HI1 con 0.38.

- A partir del análisis económico se demostró que el costo más importante en el que incurre el productor de HI1 es en fertilización química, el de HA2 en semillas y el de HA3 en herramientas. Gastos que representan el 52%, 78.6% y 40.8% del gasto total, respectivamente. Es importante destacar que HI1 tiene dos gastos importantes que no se presentan en los otros dos huertos. El productor de HI1 gasta 0.05 $/kg en energía eléctrica, costo que representa el 3.4% del costo total. Así mismo el gasto de 0.4 $/kg en diésel que significa un 2.9% del costo total.

- El cálculo del beneficio empresarial por kilogramo de product**o** demostró que el huerto con la rentabilidad económica más alta fue HA3 (21.3 $/kg), seguido de HA2 (18.0 $/kg) y HI1 (1.2 $/kg). La alta rentabilidad de los huertos agroecológicos tiene correspondencia con los ahorros energéticos que los productores hacen al minimizar la utilización de insumos externos y al reciclar los materiales dentro de los sistemas como lo son los desechos orgánicos, el estiércol, la hojarasca, restos de poda, agua, entre otros. Además en HA2 el trabajo es familiar, no existen trabajadores asalariados, razón por la cual no representa un costo. Aunque HA3 si emplea a dos personas, los ingresos son altos y permiten pagar a estas personas un salario adecuado. Estos ingresos se obtienen por las ventas de hortalizas, plantas y semillas cuyos precios son fijados en congruencia con las prácticas agroecológicas llevadas a cabo dentro del sistema hortícola. Mientras tanto la baja rentabilidad de HI1 demuestra que el productor debe incurrir en más altos costos de producción como lo es en agroquímicos, energía eléctrica y combustibles. Asimismo el huerto cuenta con dos trabajadores a los cuales se les paga un sueldo fijo independientemente del rendimiento y las ganancias que se obtengan del cultivo.

- Los huertos que siguen el tipo de producción agroecológico comparten características en cuanto a la autogestión, el cierre de ciclos, el policultivo así como la fertilización orgánica y la protección biológica de cultivos. La sincronización de la producción con los ciclos naturales dentro de estos huertos, los sitúa en una posición de ventaja en cuanto a eficiencia energética y rentabilidad económica en comparación con el huerto industrial. Una de las cualidades se relaciona con el uso eficiente de los recursos materiales y energéticos en todo el proceso productivo. Esta eficiencia se ve reflejada en el progresivo ahorro económico y energético que los productores tienen al transitar de un sistema industrial de producción hacia uno completamente agroecológico.

- El manejo agroecológico junto con las relaciones sociales que se forjan en torno a la producción y comercialización de los alimentos, le brindan a los sistemas agrícolas estabilidad, adaptabilidad y resiliencia frente a cualquier cambio en el medio en el cual se encuentra inmerso. De esta manera los productores tienen la capacidad para enfrentarse a variaciones en los factores económicos, físicos y energéticos; por ejemplo incrementos en los precios de los insumos agrícolas así como alzas en el precio petróleo no afectarían significativamente la rentabilidad de los cultivos agroecológicos, ya que la utilización de estos insumos no es imprescindible. Por el contrario los cultivos agrícolas que demuestran mayor dependencia de insumos externos posiblemente verían afectada su rentabilidad por las alzas en los precios.

- El tipo de manejo agroecológico de HA2 y HA3 demuestra tener baja dependencia del petróleo, de insumos externos y de la industria, en la medida que la práctica agroecológica incita a la máxima utilización de los recursos locales, estableciendo cultivos sostenibles y autosuficientes.

- En términos de biomasa HI1 produjo, en 1 ha, más kilogramos de hortaliza al año (135,000 Kg), que lo que produce HA2 en 0.11 ha (6,333.3 kg) y HA3 en 0.10 ha (2,147.8 kg). En términos económicos el huerto con la mayor rentabilidad económica por kilogramo producido fue HA3 con un resultado de (21.3 $/kg), seguido de HA2 (18.0 $/kg) y HI1 (1.2 $/kg).

- El Análisis Energético debe estar acompañado de variables monetarias mediante la realización de un Análisis Económico. Así se logra la conjugación de dos perspectivas diferentes para conocer de manera integral la sostenibilidad de los sistemas agrarios.

- En definitiva se comprobó que en términos integrales los huertos agroecológicos demostraron mayor eficiencia en el uso energía no renovable y mayor rentabilidad por cada kilogramo de producto, que el huerto agroindustrial.

- Los productores agroecológicos cuentan con grandes ventajas al comercializar sus hortalizas en mercados orgánicos locales/regionales y al establecer vínculos de confianza con sus clientes que pagan un precio justo por los alimentos producidos bajo manejo agroecológico. Por esta razón estos productores no deben preocuparse por incrementar su producción por área, sino destinar sus esfuerzos a reducir cada vez más la dependencia que aún tienen de algunas energías no renovables.

- Los productores agroindustriales por su parte necesitan conocer nuevas alternativas agroalimentarias e intentar implementarlas en sus sistemas agrarios. Esto podría ocurrir con la difusión y promoción de programas de capacitación en producción agroecológica donde puedan conocer sus beneficios económicos y energéticos. Por supuesto que esta labor tendría que estar acompañada de campañas de concienciación en cuanto a la calidad de los alimentos que se están produciendo en la actualidad y los impactos ambientales de la agricultura industrial que afectan los rendimientos de las cosechas a mediano y largo plazo.

PROPUESTAS DE INVESTIGACIÓN

- A partir de esta investigación se busca motivar a que nuevos investigadores continúen el estudio de los aspectos energéticos en agricultura, incluyendo nuevas variables como el transporte de alimentos. De esta forma se generarían diferentes perspectivas para abrir un debate en cuanto a la utilización de energía en los sistemas agrícolas del Estado de Veracruz y el país, en épocas de escasez de recursos energéticos y encarecimiento de los mismos.

- En la agricultura industrial la utilización de agroquímicos tiene un importante impacto en la salud de los productores, sus familias y las de los consumidores. Es necesario que se desarrolle un trabajo investigativo en torno a esta problemática para fortalecer las formas alternativas de producción de alimentos que prescinden de la utilización de estos insumos y de esta manera favorecer la salud de la población campesina productora y la población urbana consumidora.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFÍCAS

Altieri, M., (1999). *Agroecología, Bases Científicas Para Una Agricultura Sustentable*. Editorial Nordan-Comunidad.

Altieri, M. y Nicholls, C., (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas,* Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente. 2007/1.

Altieri, M., (2009). Agroecología, pequeñas fincas y soberanía alimentaria. *Ecología Política*, n. 38.

Asakereh, A., Shiekhdavoodi, M. J., y Safaieenejad, M., (2010). Energy consumption pattern of organic and conventional lentil in Iran. *Asian Journal of Agricultural Sciences* 2: 111–116.

Banco Mundial, (2008). Rising food prices: policy options and World Bank response.

Beltrán, M. J. y Velásquez, E., (2011). Del metabolismo social al metabolismo hídrico. Asociación de Economía Ecológica en España (EcoEcoEs), Documento de Trabajo 01_2011.

Calva, J., (1988). Crisis Agrícola y Alimentaria en México 1982-1988. Una contribución al análisis de la crisis general de la economía mexicana. México, Fontamara, 1988, 234 pp.

Campbell, C. (1992). The depletion of oil. Marine and Petroleum Geology, 9 (Dic): 666-671.

Campos, P., y Naredo, J., (1980). Los balances energéticos de la agricultura española. Revista *Agricultura y Sociedad.* Secretaría General Técnica del Ministerio de Agricultura n° 15, abril-junio.

Canakci, M., y Akinci, I., (2006). Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. *Energy* 31: 1243–1256.

Carpintero, O., (2006). *La Bioeconomía De Georgescu-Roegen*. España. Ed. Ediciones de intervención cultural.

Common, M., y Stagl, S., (2008). *Introducción a la Economía Ecológica*. Editorial Reverté, Barcelona.

Constanza, R., y Daly, H., (1992). Natural Capital and Sustainable Development. *Conservation Biology*, Vol. 6, No. 1. (Mar., 1992), pp. 37-46.

Daly, H., y Farley, J., (2004). Ecological Economics: Principles and Applications. Island Press.

Delgado, (2010). El sistema agroalimentario globalizado: imperios alimentarios y degradación social. Revista de Economía Crítica no. 10, segundo semestre.

Del Riego, A., (2008). Causas y efectos de los llamados biocombustibles: alarma en el sector ganadero. Ecoportal.net, 4 de febrero. http://www.ecoportal.net/Temas_Especiales/Energias/Causas_y_efectos_de_los_llamados_biocombustibles._Alarma_en_el_sector_ganadero.

Denoia, J., y Montico, S., (2010). Balance de energía en cultivos hortícolas a campo en Rosario Santa Fé, Argentina. Ciencia, docencia y tecnología, año XXI, n°41, noviembre de 2010 pp. 145-157.

De Schutter, O., (2010). Especulación con alimentos básicos y crisis de los precios de los alimentos. Reglamentación para reducir los riesgos de la volatilidad de los precios. Nota informativa 02 – septiembre 2010.

Doering, O.C., (1980). *Accounting for energy in farm machinery and buildings. Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton, FL: CRC Press.

Duncan, R. y Youngquist, W. (1999). Encircling the peak of oil production. *Natural Resources Research*, 8(Sept): 219-232.

Funes-Monzote, F., (2009). Eficiencia energética en sistemas agropecuarios: Elementos teóricos y prácticos para el cálculo y análisis integrado. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF). Ed. 1.

FAO, (2008). Cómo afrontar la crisis alimentaria mundial. Políticas de comercio, inversión y productos básicos fundamentales para garantizar la seguridad alimentaria sostenible y aliviar la pobreza. Conferencia de las Naciones Unidas sobre comercio y desarrollo. Nueva York y Ginebra, 2008.

Fischer-Kowalski, M., y Habert, (2000). El metabolismo socioeconómico. *Ecosistemas Humanos y Biodiversidad*, 19: 197-137.

Fluck, R. C. y Baird, C. D., (1982). Agricultural energetics. AVI, Westport Connecticut.

Gliessman, S. R., (2002). Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. CATIE, 2002. XIII, 359 p.

Gliessman, S. R., (2007). *Agroecología: un enfoque sustentable de la agricultura ecológica.*

GRAIN, (2008). *Introducción A La Crisis Alimentaria*. Agencia Catalana de Cooperación al Desarrollo. Barcelona, Octubre, 2008.

Grollmus, I., (2013). *Uso De Indicadores Energéticos Y Monetarios Para El Estudio De La Sostenibilidad De Los Sistemas Agrícolas.* Un estudio comparativo entre diferentes manejos hortícolas en el periurbano de Sevilla: entre la producción ecológica y la convencional. Universidad de Concepción Chile.

Guzmán Casado, G., y Alonso, A., (2008). A Comparison of energy use in conventional and organic olive oil production in Spain. *Agricultural Systems* 98: 167–176.

Haberl, H., (1997). *Human appropriation of net primary production as an environmental indicators: implications for sustainable development*. *Ambio*, 26(3).

Heinberg, R., (2014). *El Final del Crecimiento*. Edición propiedad de El Viejo Topo/Ediciones de Intervención Cultural.

Hernández Navarro, L., y Aurélie Desmarais, A., (2009). Crisis y soberanía alimentaria: vía campesina y el tiempo de una idea. El Cotidiano [en linea] 2009, (Enero-Febrero): [Fecha de consulta: 11 de abril de 2016] Disponible en:<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=32515313> ISSN 0186-1840.

Hetz, E.J., (1992). Energy utilization in Chilean agriculture. *Agricultural Mechanization in Asia Africa and Latin America* 23(2): 52–56.

IFIAS. (1978). “Workshop on Energy Analysis and Economic”. *Resources and Energy*, nº 1, pp.151 – 204.

INE, (2002). Diseño de indicadores de sustentabilidad por cuencas hidrográficas. Dirección de Manejo Integral de Cuencas Hídricas.

Korpela, S.A. (2006). Oil depletion in the world. *Current Science*, 91(9)(Nov): 1148-1152.

La Vía Campesina, (2008). *Una respuesta a la crisis global de los alimentos: Campesinos y pequeños agricultores pueden alimentar el mundo*. International Peasant Movement.

Leach, G. (1981). Energía y producción de alimentos. Ministerio de Agricultura y Pesca, Madrid.

Leff, E., (2004). La Ley límite de la Naturaleza: Entropía, Productividad Neguentrópica y Desarrollo Sustentable. Racionalidad Ambiental.

Marcillo, C. y Salcedo, A., (2010). Economía solidaria. Teoría y realidades de éxitos comunitarios. Historias de superación en Ecuador y Castilla La Mancha. Fundación Iberoamericana para el Desarrollo.

Martínez, G., y Duch, G., (2011). *Crisis alimentaria*. Ecologistas no. 70.

Martínez-Alier, J. y Roca, J., (2013). *Economía Ecológica y Política Ambiental*. 3ª edición. Editorial Fondo de Cultura Económico. México, D.F.

Meul, M., Nevens, F., Reheul, D., y Hofman, G., (2007). Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders. *Ecosystems and Environment* 119: 135–144.

Mobtaker, H. G., Keyhani, A., Mohammadi, A., Rafiee, S., y Akram, A., (2010). Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 137: 367–372.

Morales, J., (2011). *La Agroecología. En La Construcción De Alternativas Hacia La Sustentabilidad Rural*. Ed. Siglo XXI editors.

Nagy, C., (1999). Energy coefficients for agriculture inputs in western Canada. Canadian Agricultural Energy End-Use Data Analysis Centre (CAEEDAC).

Naredo, J. M., (2003): La economía en evolución. *Historia y perspectivas de las categorías básicas del pensamiento económico*. Tercera edición. En Siglo XXI. Madrid.

Naredo, J. M., (2010). *Raíces económicas del deterioro ecológico y social. Más allá de los dogmas*. Ed. 2. Siglo XXI de España Editores, S.A. Madrid, España.

Neumayer, E., (2003). *Weak versus strong sustainability: exploring the limits of two opposing paradigms*. 2nd ed., Edward Elgar, Cheltenham, UK. ISBN 1843764881.

Odum, H.T., (1980). *Ambiente, energía y sociedad.* Editoral Blume, Barcelona.
Ozkan, B., Figen, R., y Kizialay, H., (2011). Energy inputs and crop yield relationships in greenhouse winter crop tomato production. *Renewable Energy* 11: 3217–3221.

Pérez-Neira, D., Soler, M., Simón, X., (2010). *Energía, Agricultura y Agricultura Ecológica: ¿Seguimos Comiendo Petróleo?.* Texto presentado en las XII Jornadas sobre Economía Crítica bajo el título "Retos de la ciencia económica contra la crisis", celebradas en Zaragoza el 11, 12 y 13 de Febrero de 2010.

Pérez-Neira, D., Soler, M., Simón, X., (2013). Energy analysis of organic farming in Andalusia (Spain). *Agroecology and sustainable food systems*, 37:2, 231-256.

Pimentel, D., E., Belloti, A. L., Foster, M. J., Oka, J. N., Sholes, O. D. y Whitman, R. J. (1973): "Food production and the energy crisis". En *Science,* nº 182, pp. 443 – 449.

Pimentel, D. y Pimentel, M. (1979). *Food, energy and society*, Edward Arnold, Londres.

Pimentel, D., (1997). Livestock Production: Energy Inputs and the Environment, en SCOTT, S.L. y X ZHAO (eds.): *Proceedings 46th Annual Meeting of the Canadian Society of Animal Science*, (24–26 julio), Montreal, pp. 16-26.

Pimentel, D. (2006). **"**Impacts of Organic Farming on the Efficiency of Energy Use in Agriculture". En *Efficiency of Energy Use SSR*, The Organic Center State of Science Review. http://www.organic-center.org/search.php?q=energy

Puntí, A., (1982). Balance energético y costo ecológico de la agricultura española. Revista *Agricultura y Sociedad*. Secretaría General Técnica del Ministerio de Agricultura, Madrid.

Puntí, A., (1988). Análisis energético y relaciones sociales en la agricultura. Revista Agricultura y Sociedad no.48 (julio-septiembre 1988). Secretaría General Técnica del Ministerio de Agricultura, Madrid.

Roselló-Oltra, J., Dominguez, A., Gascón. A., (2000). “Comparación del Balance Energético y de los costos económicos en cítricos y hortícolas valencianas en cultivos ecológico y convencional”. En IV Congreso de la Sociedad Española de Agroecología y Agricultura Ecológica, Córdoba.

Rosset, P., (1999). The Multiple Functions and Benefits of Small Farm Agriculture: In theContext of Global Trade Negotiations, Food First Policy Brief No. 4, Institute for Food and Development Policy, Oakland.

Rosset, P., (2006). Food is different: Why we must get the WTO out of agriculture. London: Zed Books.

Rubio, B., (2004). La fase agroalimentaria global y su repercusión en el campo mexicano. *Comercio Exterior,* Vol. 54, Núm, 11, Noviembre de 2004.

Ruiz, J., (1994). La agricultura sostenible como alternativa a la agricultura convencional: conceptos y principales métodos y sistemas. ERIA, 1994, pp. 161-173.

Sampieri, R., (2014). Metodología de la investigación. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A DE C.V. Ed. 6.

Sarandón, S., (2002). El agroecosistema: un sistema natural modificado. Modificado del capítulo del libro *Agroecología: el camino para una agricultura sustentable*, SJ Sarandón (Editor), Ediciones Científicas Americanas, La Plata, Argentina.

Sarandón, S., y Lermanó, M.J., (2005). *Eficiencia energética de la producción de biodiesel con distintos cultivos: un análisis agroecológico*. III Congreso Brasileiro de Agroecología, III Seminario Estadual de Agroecología, Florianópolis, 17 al 20 de Octubre de 2005, Florianópolis, SC, Brasil. 601, 4pp.

Sevilla, E., (2009). *La agroecología como estrategia de transformación social*. Disponible en línea en: http://campus.fca.uncu.edu.ar:8010/pluginfile.php/5813/mod_resource/content/0/LA_AGROECOLOGIA_COMO_ESTRATEGIA_METODOLOGICA_DE_TRANSFORMACION_SOCIAL.pdf consultado el 1/01/15.

Simón, X., Copena, D., y Rodríguez L., (2010). Construyendo alternativas agroecológicas al sistema agroalimentario global: acción y reacción en el estado español. Revista de *Economía Crítica*, n° 10, segundo semestre, 2010.

Singh, J. M., (2000). On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. International Institute of Management, University of Flensburg, Sustainable Energy Systems Management, Germany.

Soler, M., y Rivera, M., (2010). *Agricultura Urbana, sostenibilidad y soberanía alimentaria: Hacia una propuesta de indicadores desde la agroecología*. En X Congreso Español de Sociología: treinta años de sociedad, treinta años de sociología. 1, 2 y 3 de Julio de 2010. Federación Española de Sociología (FES). Pamplona.

Tsatsarelis, C.A., (1992). Energy inputs and outputs for soft winter wheat production in Greece. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 43: 109–118

The Royal Society, (2008). Sustainable Biofuels: Prospects and Challenges. Londres: The Royal Society.

Tilman, D., *et al.*, (2002). Agricultural Sustainability and Intensive Production Practices, *Nature*, No. 418, pp. 671-677.

Teubner, W., y de Zeeuw, H. (2002). Green and productive cities; a policy brief on urban agriculture EC-founded prject “soil and Water Management in Agricultural Production (SWAPUA)” ICLEI, ETC, EU, Leusden/freiburg mimeo.

Urteaga, L., (1985). La Economía Ecológica De Martínez-Alier. Revista *Documents D’anàlisi Geogràfica* pp. 193-205.

Vargas, M,. y Chantry, O. (2011). Navegando por los meandros de la especulación alimentaria. (ODG) Observatori del Deute en la Globalització Càtedra UNESCO de Sostenibilitat Universitat Politècnica de Catalunya.

Vitousek, P., Ehrlich, P., Ehrlich, A., y Matson, P., (1986). Human appropriation of the products of photosynthesis. *Bioscience*, 34.

Wackernagel, M., y Rees, W., (1996). *Our ecological footprint: reducing human impact on the Earth*. Editorial New society published, Canada.

Warman, H., (1972). The future of oil. *The Geographical Journal*, 138(3)(Sept): 287-297.

Yilmaz, Y., Akcaoz, H., y Ozkan, B., (2005). An analysis of energy use and input–output costs for cotton production in Turkey. *Renew Energy* 30: 145–155.

ANEXOS

ANEXO 1: Cuestionario de recolección de datos.

La recolección de datos estadísticos se realiza con un cuestionario que recopila la información requerida sobre los atributos energéticos y económicos de los sistemas hortícolas estudiados en los municipios de La Tinaja (Xalapa), Teocelo y Huatusco, Veracruz.

ESTUDIO DE CASO DEL USO DE ENERGÍA Y ANÁLISIS ECONÓMICO EN PRODUCCIONES HORTÍCOLAS

Fecha: Hora:

1. Nombre de encuestado/a:
2. Cargo que desempeña en la unidad familiar:
3. Nombre de encuestador/a:

IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA

1. Superficie total:
2. Superficie cultivada:
3. Superficie arrendada:
4. Costo del alquiler:

1. PRODUCCIÓN AGRÍCOLA (HI1)

Cultivo	Producción (u.f)	Precio de venta ($/u.f)	Comentarios

*Reutilización para consumo propio, alimentación de ganado o extracción de semillas.

2. PRODUCCIÓN AGRÍCOLA (HA2 y HA3)

Cantidad de cestas (de cada cultivo) por mes. Contabilizar los cultivos a analizar energéticamente de cada huerto.

( )

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic

Composición de cestas por temporada

Otoño-invierno (Peso en cesta)

Hortaliza	Peso en cesta	% en cesta

Primavera-verano (Peso en cesta)

Hortaliza	Peso en cesta	% en cesta

3. REQUERIMIENTOS PARA LA SIEMBRA

Cultivo	No. Plantas compradas	Precio ($)	Cantidad de semilla comprada	Precio ($)	Dosis semilla/ha

4. PRODUCTOS PARA FERTILIZACION ORGÁNICA E INORGÁNICA

Nombre fertilizante*	Principio(s) activo(s)	Cantidad total	Precio ($)	No. Aplicaciones/año	Dosis/ha	Comentario

*Incluir fertilizantes no comerciales como composta y estiércol

5. PRODUCTOS PARA LA PROTECCIÓN DE CULTIVOS

Nombre	Uso	Principio(s) activo(s)	No. Aplicaciones/año	Dosis/ha	Cantidad total	Comentario

*Incluir remedios caseros

6. USO DE MAQUINARIA Y BIENES DE CAPITAL

Inventario maquinaria*

Máquina	Potencia	Peso	Aperos	Comentarios

*Considerar tanto maquinaria propia como alquilada

Uso maquinaria

Tarea	Máquina	N° usos/año	Tiempo de uso	Costo de alquiler (si no es propia)

Inventario de riego

Tipo de riego**:**
Características de la bomba:
Marca:
Potencia:
Tiempo de uso:
Costo de agua de riego ($/m^3 o impuestos):

7. SUMINISTROS

Ítem	Cantidad (Unidad Física)	Gasto($)	Comentarios
Energía eléctrica			
Gas			
Aceites y lubricantes			
Herramientas y materiales			
Plástico			
Otros			

8. EMPLEOS Y SALARIOS

Trabajo remunerado

N° de trabajadores fijos:
Remuneración (valor bruto):

Trabajo eventual

Tarea	N° de trabajadores contratados	N° días/trabajador	Salario/jornal

Trabaja no remunerado
Trabajo propio (tiempo):
Trabajo familiar no remunerado (tiempo):