



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA, MEDICINA Y CIENCIAS
SOCIALES Y HUMANIDADES

PROGRAMA MULTIDISCIPLINARIO DE POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

SUSTENTABILIDAD DE LA AGRICULTURA FAMILIAR EN REGIONES ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS

PRESENTA:

ZOE ARTURO GUADIANA ALVARADO

DIRECTOR DE TESIS:

DR. HÉCTOR MARTIN DURÁN GARCÍA

ASESORES:

DR. ERICH DIETMAR RÖSSEL KIPPING

DR. MARCOS ALGARA SILLER

Enero de 2020

CRÉDITOS INSTITUCIONALES

PROYECTO REALIZADO EN:

La comunidad de San Juanico Chico, municipio de San Luis Potosí, S.L.P.

CON FINANCIAMIENTO DE:

Fondo de Apoyo a la Investigación de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí el financiamiento recibido para el proyecto

DENOMINADO:

Sustentabilidad de la agricultura familiar en regiones áridas y semiáridas

AGRADEZCO A CONACyT EL OTORGAMIENTO DE LA BECA-TESIS

Becario No. 504321



Sustentabilidad de la agricultura familiar en regiones áridas y semiáridas by Zoé Arturo Guadiana Alvarado is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Agradecimientos

A instituciones

Agradezco el apoyo brindado de las autoridades de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Al Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales.

A personas

Agradezco la colaboración y apoyo al director del comité el Dr. Héctor Martín Durán García.

A mis asesores los doctores Erich Dietmar Rössel Kipping Y Marcos Algara Siller por su apoyo gracias.

A los doctores Rodolfo Cisneros Almazán y Luis Armando Bernal Jácome por su apoyo y confianza.

A los agricultores de la comunidad de San Juanico Chico.

A Dios:

Gracias por darme la oportunidad de la vida, por cada alegría, por cada persona y por cada experiencia.

A mis padres José Luis y Elvira (in memoriam):

Todo el amor y respeto, siempre arropado por su confianza y sabiduría, gracias por darme todo sin pedir nada a cambio, gracias por las enseñanzas y estar a mi lado cuando que todo parecía derrumbado.

A mis Lena y Emiliano:

Gracias por ser mi soporte en los momentos más difíciles

A mis hermanos, cuñadas y sobrinos:

Gracias por estar siempre, por enseñarme el significado de familia, por estar juntos el día que mi lucecita dejo de brillar.

A Gaby:

Gracias por el apoyo y aun con todo lo pasado, compartimos un gran tesoro.

I. CONTENIDO

I. CONTENIDO	6
II. ÍNDICE DE TABLAS.....	8
III. ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
IV. RESUMEN GENERAL.....	9
V. ABSTRACT	10
1 INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 AGRICULTURA FAMILIAR	11
1.2 AGRICULTURA SUSTENTABLE.....	12
1.3 TEORÍA GENERAL DE LOS SISTEMAS (TGS)	14
1.4 FLUJO DE ENERGÍA	17
1.5 TENDENCIAS DE LAS NECESIDADES DE LOS SUMINISTROS DE ENERGÍA ALIMENTARIA	17
1.6 LA ENERGÍA	18
1.7 CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA	19
1.8 ENERGÍA EN LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS.	21
1.9 BALANCES ENERGÉTICOS EN EL MUNDO.....	22
1.10 NEXO: AGUA ALIMENTACIÓN Y ENERGÍA	27
1.11 BIBLIOGRAFÍA.....	29
2 UNA MIRADA A LA AGRICULTURA FAMILIAR PERIURBANA	31
2.1 RESUMEN.....	31
2.2 ABSTRACT	32
2.3 INTRODUCCIÓN	33
2.4 DEFINICIONES DE LA AGRICULTURA FAMILIAR	33
2.5 TIPOLOGÍA DE AGRICULTORES FAMILIARES (AF)	35
2.6 LA REALIDAD DE LA AGRICULTURA FAMILIAR EN MÉXICO	37
2.7 LA AGRICULTURA PERIURBANA (AP) UNA FORMA DE AGRICULTURA FAMILIAR.....	39
2.8 EL AGRICULTOR Y LAS FORMAS DE VIDA PERIURBANA	41
2.9 CONCLUSIONES	43
2.10 BIBLIOGRAFÍA.....	43

3	SUSTENTABILIDAD DE LA AGRICULTURA FAMILIAR EN REGIONES ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS	46
3.1	RESUMEN	46
3.2	ABSTRACT	48
3.3	INTRODUCCIÓN	50
3.4	ANTECEDENTES	52
3.5	OBJETIVO GENERAL	57
3.6	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	57
3.7	MATERIALES Y MÉTODOS.....	57
3.8	RESULTADOS.....	61
3.9	CONCLUSIONES	69
3.10	BIBLIOGRAFÍA.....	71
4	EVALUACION ECONÓMICO-SOCIAL DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA Y AGRICULTURA FAMILIAR	74
4.1	RESUMEN.....	74
4.2	ABSTRACT	75
4.3	INTRODUCCIÓN	76
4.4	MATERIALES Y MÉTODOS.....	84
4.5	RESULTADOS.....	86
4.6	CONCLUSIONES	91
4.7	BIBLIOGRAFÍA.....	91
5	SEMIAUTOMATIZACIÓN DE UN INVERNADERO DE PEQUEÑA ESCALA	94
5.1	RESUMEN.....	94
6	MODELO DE AGRICULTURA FAMILIAR SUSTENTABLE PARA REGIONES ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ.....	102
6.1	EL DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO	102
6.2	ANÁLISIS DE FLUJO DE ENERGÍA	103
6.3	EVALUACIÓN ECONÓMICA SOCIAL	105
6.4	INTEGRACIÓN DEL MODELO	106
6.5	BIBLIOGRAFÍA.....	107

II. ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 Características de la agricultura familiar.....	53
TABLA 2 Clasificación de los agricultores rurales.....	54
TABLA 3 Parámetros de input y output.....	59
TABLA 4 Resultados para horas de trabajo invertido por ha, energía insumida al sistema, rendimiento productivo y energía producida.....	65
TABLA 5 Resultados para la proteína producida, personas que se pueden alimentar por ha, personas que se pueden alimentar con proteína producida, costo energético de la proteína.	67
TABLA 6 Resultados para productividad energética del sistema, del trabajo y balance energético.	68
TABLA 7 Flujo de costos e ingresos (USD).....	88
TABLA 8 Valor actual de los sistemas evaluados (USD)	90

III. ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 Esquema del sistema convencional de cultivo	61
FIGURA 2 Esquema del sistema alternativo de cultivo	62
FIGURA 3 Diagrama del diagnóstico participativo San Juanico Chico	103
FIGURA 4 Diagrama de flujo de análisis de flujo de energía.....	104
FIGURA 5 Esquema del análisis económico social.....	105
FIGURA 6 Integración del modelo de agricultura familiar sustentable con base en el esquema Nexa	106

IV. RESUMEN GENERAL

La agricultura es el dominio de las técnicas de cultivo del suelo para la obtención de alimentos, cuando el hombre domina esta técnica encuentra parte importante de la solución para el abastecimiento constante del alimento de los seres humanos, impactando directamente en la disminución de la mortalidad, con este descubrimiento y el desarrollo de otras técnicas (FAO, 2013).

La agricultura puede ser dividida en dos grandes sectores: el agroindustrial, del que se desprenden grandes corporaciones que a través de sistemas intensivos de producción, grandes inversiones y muchas veces monocultivos, producen alimentos a gran escala para una buena parte de la sociedad, por otro lado la agricultura familiar donde se agrupan pequeños productores, familias y cooperativas que producen alimentos e insumos en pequeñas parcelas, con inversiones limitadas y casi siempre con multicultivos con técnicas artesanales de producción y sus productos se dirigen a mercados locales de consumo.

Uno de factores de mayor importancia en todo sistema de producción es el consumo de energía en el caso de la agricultura no es la excepción, mientras los sistemas de producción agroindustriales derrochan grandes cantidades de energía los sistemas familiares presentan serios problemas para sustentar la cantidad de energía necesaria para su destacado desarrollo. (Di Leo *et al.*, 2007)

En términos de energía, un sistema de producción agrícola puede ser interpretado como un convertidor de energía solar en alimentos, con la intervención de agua, dióxido de carbono y subproductos como combustibles, fertilizantes, pesticidas y semillas, entre otros.

Este trabajo de investigación se estudiaron algunos sistemas de producción agrícola de las regiones áridas y semiáridas, para conocer de forma general su naturaleza y su funcionamiento, para posteriormente realizar un análisis de flujo de energía, desglosar cada una de las actividades con el fin de analizar los procesos del sistema e identificar las acciones que ayudan a la disminución del uso de energía y así proponer un modelo sustentable de agricultura familiar.

Palabras clave: agricultura familiar, energía, sustentabilidad.

V. ABSTRACT

Agriculture is the domain of soil cultivation techniques for obtaining food, when man dominates this technique he finds an important part of the solution for the constant food supply of human beings, directly impacting on the decrease in death. (FAO, 2013).

Agriculture can be divided into two large sectors: the agribusiness from which large corporations emerge that through intensive production systems, large investments and, often, monocultures, large-scale food products for a much of society, on the other hand, family farming. Producers, families and cooperatives that produce food and supplies in small plots are bunch together, with limited tenure and almost always with multicultural techniques of artisanal production and their products are directed to local consumer markets.

In terms of energy, an agricultural production system can be interpreted as a converter of solar energy into food, with the intervention of water, carbon dioxide and by-products such as fuels, fertilizers, pesticides and seeds, among others.

This research work studied some agricultural production systems of the arid and semi-arid regions, to know the general form of its nature and its operation, and subsequently perform an energy flow analysis, to break down each of the activities in order to analyze the processes of the system and identify the actions that help to decrease the use of energy and thus propose a sustainable model of family farming.

Keywords: Family farming, energy, sustainability

Según la FAO (2014) en la agricultura familiar, la familia y la granja están vinculados, co-evolucionan y combinan funciones económicas, ambientales, sociales y productivas.

De acuerdo a lo anterior en este trabajo se manejan los siguientes aspectos: social (Una mirada a la agricultura familiar periurbana), ambiental (Sustentabilidad de la agricultura familiar en regiones áridas y semiáridas), económico (Evaluación económico-social de un sistema de captación de agua de lluvia y agricultura familiar) y producción (Semiautomatización de un invernadero de pequeña escala) en el último apartado se integran los capítulos retomando el sistema Nexo (agua, energía y alimentación) como pauta para la integración, de tal forma que este trabajo de investigación se organizó por capítulos.

1.1 AGRICULTURA FAMILIAR

En México existen cerca de 200 productos agrícolas que son cultivados, entre los más destacados por su importancia en el consumo se encuentran el maíz, frijol, trigo, arroz, sorgo, caña de azúcar, tomate, chile y las oleaginosas por la alta producción de aceites derivados de sus semillas.

Para definir el sistema familiar de agricultura es necesario situarse en los contextos locales de cada país, porque de acuerdo a su naturaleza puede variar la extensión y economía de estos, Acosta y Rodríguez (2006), definen algunos conceptos como:

Extensión del predio: este deberá ser suficiente para suministrarle cada año al hogar que lo explote en condiciones de eficiencia productiva promedio, los ingresos requeridos para cubrir como mínimo las necesidades básicas de cada uno de los integrantes de la familia y permitirle una vida decente.

Utilización de mano de obra familiar: la explotación del predio deberá depender directa y principalmente de la vinculación de la fuerza de trabajo familiar sin

perjuicio del empleo ocasional en otras actividades o de la contratación de mano de obra temporal.

Lugar de vivienda: un factor importante que permite acotar la identificación de la agricultura familiar es, que el lugar en donde se desarrolla la actividad productiva coincida con el lugar de vivienda.

Fuente de Ingresos: la mayor proporción del ingreso deberá provenir de la explotación agropecuaria.

Comercialización de la producción: el destino de la mayor parte de la producción es el mercado.

Estos elementos son útiles para garantizar el futuro de la agricultura familiar y bajo de las condiciones ambientales es necesario poner atención a la sustentabilidad de este sistema.

1.2 AGRICULTURA SUSTENTABLE

Los principales efectos de la agricultura al medio están asociados al manejo de cultivos hortícolas, de granos y forrajes, donde se emplean fertilizantes químicos, manejo de monocultivos sin rotación, contaminación de fuentes hídricas, aumento de procesos erosivos y pérdida de cobertura vegetal a causa de la intensificación de áreas de cultivo, afectando la retención de agua en el suelo y disminuyendo las posibilidades de disposición por factores como el aumento en la evapotranspiración y regulación del ciclo hidrológico (Ruiz *et al*, 2015).

La problemática actual de la producción de alimentos es distinta pues de una extensión necesariamente de conocimientos técnicos a una necesidad de superficies más sociales, económicas, políticas, culturales y ambientales. Con especial énfasis en la sustentabilidad de la agricultura.

Por su lado Altieri & Nicholls (2000), mencionan que el concepto de sustentabilidad es útil pues recoge un conjunto de preocupaciones sobre la agricultura, concebida como un sistema económico, social y ecológico. Además definen a la Agricultura alternativa como el sistema que intenta proporcionar un ambiente balanceado, rendimiento y fertilidad de los suelos y control natural de plagas, mediante el diseño de agroecosistemas diversificados y el empleo de tecnologías auto-sostenidas. Las estrategias se apoyan en conceptos ecológicos, de tal manera que el manejo da como resultado una óptima movilidad de los nutrientes y la materia orgánica, flujos cerrados de energía, poblaciones balanceadas de plagas y un uso múltiple del suelo y del paisaje. La idea es explotar las complementariedades y sinergias que surgen al combinar cultivos, árboles y animales en diferentes arreglos espaciales y temporales.

De acuerdo a lo propuesto por Sarandón (2002), la agricultura sustentable debe cumplir siempre y satisfactoriamente con los siguientes requisitos:

1. Ser suficientemente productiva
2. Ser económicamente viable.
3. Ser ecológicamente adecuada (que conserve la base de recursos naturales y que preserve la integridad del ambiente en el ámbito local, regional y global).
4. Ser cultural y socialmente aceptable.

Para entender la importancia y rumbo de la agricultura sustentable se debe saber que se generó desde varios planteamientos de reforma de Estados Unidos, Canadá y oeste Europeo, en respuesta a preocupaciones sobre impactos de la agricultura convencional, tales como sobreexplotación de los recursos no renovables, degradación del suelo, salud y efectos ambientales y químicos agrícolas, inequidad, disminución de comunidades rurales, pérdida de valores tradicionales agrarios, calidad alimentaria, seguridad de los trabajadores agrícolas, disminución de autosuficiencia y disminución del número y aumento de tamaño de los productores. Estos problemas se tornaron asociados con la agricultura convencional que era percibida como poco sustentable.

A partir de la década de los sesenta la “revolución verde” comienza a generar sus impactos socio-ambientales, reforzando la discusión económica debido a los efectos de diferenciación que se agudizaron con la modernización. Además, introduce la temática ambiental, representada por la degradación y polución ambiental crecientes. El crecimiento de la pobreza en los países del sur y de las regiones rurales en particular, cuestiona el modelo de desarrollo y dentro de éste, la investigación analítica asociada a la revolución verde y su potencialidad para sacar del atraso y miseria amplios sectores de población rural del tercer mundo.

Uno de los primeros retos se presenta al comprender que es la agricultura sustentable pues existen muchos términos que pueden definirla, pero sin duda uno de los más aceptables es el que propone Tommasino (2001), una agricultura sustentable es aquella cuya productividad permite satisfacer las necesidades de la población actual y futura, conservando el potencial productivo, lo que determina el manejo racional de los recursos naturales.

Dentro de estos recursos naturales se encuentra la energía como elemento más importante para desarrollo humano.

1.3 TEORÍA GENERAL DE LOS SISTEMAS (TGS)

Un sistema es un grupo de componentes que pueden funcionar recíprocamente para lograr un propósito común. Son capaces de reaccionar juntos al ser estimulados por influencias externas. El sistema no está afectado por sus propios egresos y tiene límites específicos en base de todos los mecanismos de retroalimentación significativos” (FAO, 1999)

Para entender de manera correcta el funcionamiento de los sistemas de agricultura es necesario conocer los conceptos básicos de los sistemas en general según lo mencionado por Arnold & Osorio (1998) en el trabajo “Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas”, el cual define lo que es un sistema cerrado, el atributo, la complejidad, el conglomerado, elemento, energía, entropía,

equilibrio, emergencia, estructura, frontera, función, homeostasis, información, retroalimentación.

Sistemas cerrados: un sistema es cerrado cuando ningún elemento externo entra y ninguno sale del sistema. Estos alcanzan su estado máximo de equilibrio al igualarse con el medio (entropía, equilibrio). En ocasiones el término sistema cerrado es también aplicado a sistemas que se comportan de una manera fija, rítmica o sin variaciones, como sería el caso de los circuitos cerrados. La única posibilidad de relación entre un sistema y su ambiente implica que el primero debe absorber selectivamente aspectos de éste. Sin embargo, esta estrategia tiene la desventaja de especializar la selectividad del sistema respecto a su ambiente, lo que disminuye su capacidad de reacción frente a los cambios externos.

Atributo: características y propiedades estructurales o funcionales que caracterizan las partes o componentes de un sistema.

Complejidad: por un lado, indica la cantidad de elementos de un sistema (complejidad cuantitativa) y, por el otro, sus potenciales interacciones (conectividad) y el número de estados posibles que se producen a través de éstos (variedad, variabilidad). La complejidad sistémica está en directa proporción con su variedad y variabilidad, por lo tanto, es siempre una medida comparativa. Una versión más sofisticada de la TGS se funda en las nociones de diferencia de complejidad y variedad.

Conglomerado: cuando la suma de las partes, componentes y atributos en un conjunto es igual al todo, estamos en presencia de una totalidad desprovista de sinergia, es decir, de un conglomerado

Elemento: se entiende por elemento de un sistema las partes o componentes que lo constituyen. Estas pueden referirse a objetos o procesos. Una vez identificados los elementos pueden ser organizados en un modelo.

Energía: la energía que se incorpora a los sistemas se comporta según la ley de la conservación de la energía, lo que quiere decir que la cantidad de energía que

permanece en un sistema es igual a la suma de la energía importada menos la suma de la energía exportada.

Entropía: el segundo principio de la termodinámica establece el crecimiento de la entropía, es decir, la máxima probabilidad de los sistemas es su progresiva desorganización y, finalmente, su homogeneización con el ambiente. Los sistemas cerrados están irremediablemente condenados a la desorganización. No obstante hay sistemas que, al menos temporalmente, revierten esta tendencia al aumentar sus estados de organización.

Equilibrio: los estados de equilibrio sistémicos pueden ser alcanzados en los sistemas abiertos por diversos caminos, esto se denomina equifinalidad y multifinalidad. El mantenimiento del equilibrio en sistemas abiertos implica necesariamente la importación de recursos provenientes del ambiente. Estos recursos pueden consistir en flujos energéticos, materiales o informativos.

Emergencia: este concepto se refiere a que la descomposición de sistemas en unidades menores avanza hasta el límite en el que surge un nuevo nivel de emergencia correspondiente a otro sistema cualitativamente diferente.

Estructura: las interrelaciones más o menos estables entre las partes o componentes de un sistema, que pueden ser verificadas (identificadas) en un momento dado, constituyen la estructura del sistema.

Frontera: los sistemas consisten en totalidades y, por lo tanto, son indivisibles como sistemas (sinergia). Poseen partes y componentes (subsistema), pero estos son otras totalidades (emergencia). En algunos sistemas sus fronteras o límites coinciden con discontinuidades estructurales entre estos y sus ambientes, pero corrientemente la demarcación de los límites sistémicos queda en manos de un observador (modelo). En términos operacionales puede decirse que la frontera del sistema es aquella línea que separa al sistema de su entorno y que define lo que le pertenece y lo que queda fuera de él.

Función: se denomina función al output de un sistema que está dirigido al

mantenimiento del sistema mayor en el que se encuentra inscrito.

Homeostasis: este concepto está especialmente referido a los organismos vivos, pues son sistemas adaptables. Los procesos homeostáticos operan ante variaciones de las condiciones del ambiente, corresponden a las compensaciones internas al sistema que sustituyen, bloquean o complementan estos cambios con el objeto de mantener sin variación la estructura sistémica.

Información: la información tiene un comportamiento distinto al de la energía, pues su comunicación no elimina la información del emisor o fuente.

Retroalimentación: son los procesos mediante los cuales un sistema abierto recoge información sobre los efectos de sus decisiones internas en el medio, información que actúa sobre las decisiones (acciones) sucesivas. La retroalimentación puede ser negativa (cuando prima el control) o positiva (cuando prima la amplificación de las desviaciones).

1.4 FLUJO DE ENERGÍA

Todos los sistemas físicos, químicos o bióticos requieren energía para su mantenimiento. Nuestro planeta funciona con base en la energía que proviene del sol. Parte de ella se convierte en energía cinética, o se transforma en energía potencial almacenada en enlaces químicos, trabajando durante el proceso para el sistema que la transforma. En cada etapa de transformación energética se libera calor, hasta que finalmente se disipa toda la energía.

En general la energía es el elemento central de un sistema.

1.5 TENDENCIAS DE LAS NECESIDADES DE LOS SUMINISTROS DE ENERGÍA ALIMENTARIA

En México el comportamiento de la estructura de la población se ha ido modificando de manera tal que la población urbana representó en el año 2000 el 74.4% del total

de la población; se estimó que para el año 2030 la población urbana represente el 81.9%. Tomando mayor importancia el desarrollo de la agricultura periurbana familiar, pues se encuentra dentro de los grandes centros de demanda de energía alimentaria y debido a esto los mercados consumirán los productos de estos sistemas y además la agricultura familiar recibe más trabajo por el reciclaje de residuos urbanos orgánicos. Se observa que los suministros de energía alimentaria (SEA) son superiores a las necesidades. Se considera que el problema alimentario de nuestro país no es de disponibilidad, sino de acceso físico y económico (FAOSTAT, 2002).

El análisis del comportamiento de la estructura del SEA ocurrido a lo largo de 35 años muestra un aporte estable de 10-11% de proteínas con variaciones en los hidratos de carbono y las grasas. De 71% que aportaban los hidratos de carbono en el trienio 1964-66 para 1984-86 aportaban 66% (FAOSTAT, 2002). En cambio las grasas, que en el trienio 1964-66 contribuían con 18% a la energía en el trienio 1984-86 alcanzaron el 23%. A partir de esa fecha el aporte de los tres componentes no ha variado sustancialmente (FAO 2003).

Existen diferentes tipos de energía por lo que es necesario atención a la energía en general.

1.6 LA ENERGÍA

El funcionamiento de los agroecosistemas actuales se basa en dos flujos energéticos: el natural que corresponde a la energía solar y un flujo «auxiliar», controlado directamente por el agricultor que recurre al uso de combustibles fundamentalmente fósiles, ya sea directamente o en forma indirecta, a través de los insumos industriales que emplea en el proceso productivo. El primer flujo es el propio o natural de funcionamiento del ecosistema, es una energía abundante, gratuita y limpia; el segundo flujo corresponde a energía almacenada, sus existencias son finitas, es relativamente cara.

Por lo que es necesario definir energía: es un ente físico que existe por doquier bajo muy distintas formas y constituye junto con la materia la base de todos los fenómenos que tienen lugar en el universo. El universo, también llamado cosmos, es todo lo que existe, en el planeta Tierra o fuera de él, sean cosas que percibamos con nuestros limitados sentidos, o que requieran de la ayuda de muchas veces complejos instrumentos de detección y medición. Hoy día la ciencia, aunque ha realizado avances maravillosos, no conoce todos los fenómenos que tienen lugar en el universo, ni entiende perfectamente todos los que conoce. Asimismo no hay una certeza total sobre el origen del universo, su evolución pasada y mucho menos sobre su evolución futura (Pelino, 2009).

Debido a esto las unidades de energía presentan una amplia diversidad las unidades más utilizadas son:

- Julio (J). Es la unidad del Sistema Internacional. Se define como el trabajo que realiza una fuerza de 1 newton (N) cuyo punto de aplicación se desplaza 1 metro.
- Caloría (cal). Es una unidad de energía muy utilizada en procesos en los que interviene el calor. Se define como la cantidad de calor necesaria para elevar 1°C, a presión atmosférica, un gramo de agua.
- Kilovatio-hora (kWh). Es la unidad que se utiliza para medir el consumo de energía eléctrica •

Todas las formas de energía se encuentran en un constante proceso de transformación. La energía eléctrica se transforma en energía radiante a través de una bombilla; la energía cinética del viento se convierte en energía eléctrica gracias a un aerogenerador.

1.7 CONCEPTOS BÁSICOS DE ENERGÍA

Energía: Es la capacidad de hacer trabajo, cuyo comportamiento es descrito por las leyes de la termodinámica. La ley de la conservación de la energía, establece que “la energía puede ser transformada de un tipo a otro, pero no se crea ni destruye” (Solbes, & Tarín, 2004). La luz (una de las formas de energía) es susceptible de ser

transformada en trabajo, calor o energía potencial en forma de alimento. La segunda ley de la termodinámica o ley de la entropía puede plantearse de varias maneras: “ningún proceso de transformación de energía ocurre espontáneamente, a menos que haya una degradación de una forma concentrada a una dispersa”; así, el calor presente en un objeto tiende a dispersarse espontáneamente hacia sus alrededores más fríos. También, esta segunda ley puede expresarse, de modo que una fracción de la energía se convierte siempre en energía calorífica no utilizable, ninguna transformación espontánea de la energía lumínica a energía potencial (tal es el caso del protoplasma) tiene una eficiencia de 100%. La entropía (transformación) es una medida de la energía no disponible resultante de las transformaciones; el término también se emplea como un índice general del desorden asociado con la degradación de la energía (Ortega *et al*, 2005).

La vida en la tierra es mantenida por el flujo de energía radiado por el sol y que entra a la biosfera. Por medio de la fotosíntesis, esta energía de la radiación es fijada en las plantas en forma de calor químico latente, desde el cual, todos los eslabones de la cadena alimenticia, derivan energía necesaria para llevar a cabo sus procesos vitales.

El ambiente de la radiación es definida por Ortega *et al*. (2005), la energía emitida por el sol, que se propaga en todas direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Además, las distintas características de los rayos solares están determinadas, fundamentalmente, por el valor que adquiere un parámetro físico denominado longitud de onda y expresado en nanómetros (nm).

1.8 ENERGÍA EN LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS.

La producción vegetal consiste, a partir del flujo de energía solar, en la transformación de una parte de la energía (lumínica) recibida en energía química, que se fija en la masa de materia vegetal viviente, por otro lado las especies animales transforman a su vez esta energía, con gran desperdicio, debido a su metabolismo alimentario.

El análisis de cómo se capta y se degrada la energía en los sistemas agrarios constituye un instrumento valioso para descubrir el significado en términos físicos de tales relaciones

Una de las razones de mayor importancia para estudiar la energía, el balance de energía, emergía, exergía, etc., es debido a que la agricultura moderna requiere de aportes de energía fósil en todas las etapas de la producción, tales como el uso directo de la energía en maquinaria agrícola, agua de riego, operaciones de cultivo y cosecha. Además, se debe contabilizar el empleo de energía a través de fertilizantes minerales, insecticidas y herbicidas, lo que se considera una forma de uso indirecto. En términos generales, los agrosistemas actuales requieren cantidades altas y crecientes de insumos, lo que implica elevados costos energéticos (Denoia & Montico, 2010). Por lo que es necesario conocer el gasto de energía para implementar acciones que disminuyan el consumo haciendo más eficiente el proceso.

Para una evaluación económica es el balance energético quien proporciona más información que el flujo de energía en el sistema.

1.9 BALANCES ENERGÉTICOS EN EL MUNDO

En los años 70's Campos y Naredo (1978), mencionan que la herramienta energética se utilizó como un instrumento para desvelar la realidad material en que se traduce la dominación local. Estos autores explicaron que de ninguna forma se sustituye el análisis monetario convencional por un análisis energético alternativo, sino de enriquecer las interpretaciones mostrando nuevas dimensiones del proceso agrario. Del análisis energético de la agricultura y la ganadería se deducía, por un lado, que los métodos industriales de producción habían reducido el aprovechamiento de los reempleos propios del sector (estiércol, ganado, semillas), llevando a la progresiva dependencia de inputs externos (fertilizantes, maquinaria, piensos compuestos, herbicidas), y provocando que esta región, a mediados de los setenta, sólo pudiese reponer en forma de productos agrícolas el 97% de la energía incorporada en la utilización de esos inputs externos por la actividad agraria.

Pimentel *et al.* (1979), demostraron que la agricultura moderna había alterado profundamente la naturaleza de esta actividad. La agricultura pasó de apoyarse fundamentalmente en un flujo de energía renovable a transformarse en una actividad productiva muy exigente en combustibles fósiles y recursos no renovables, siendo los requerimientos energéticos tan potentes (fertilizantes, combustibles, maquinaria, etc.) que hicieron del conjunto, un proceso energéticamente deficitario, es decir, que exigía un aporte de kilocalorías superior al que posteriormente se obtenía en forma de alimentos. A este resultado se llegaba midiendo energéticamente la producción total y final agrícola, ganadera y forestal en forma de cultivos (cereales, leguminosas), carne, huevos, leche, madera, leña y otros productos forestales; y comparándolo, en términos energéticos, con el total de inputs o requerimientos utilizados (fertilizantes, semillas, maquinaria, etc.). Así se construía, finalmente, el correspondiente indicador de eficiencia energética (output/input) que en las agriculturas de los países industrializados frecuentemente tenía un valor inferior a la unidad, debido en buena medida al peso de los ineficientes procesos de conversión ganadera.

Cusso *et al.* (2006), mencionan que donde presenta un notable indicador de

eficiencia (respecto al total de entrada) como resultado de una alta integración entre la gestión de la agricultura, los pastos y el aprovechamiento del monte. La característica clave fue la integración entre la agricultura, pastizales y tierras forestales, principalmente por medio de la cría de ganado. El estudio de los flujos ayuda a resaltar las dos partes que han dado lugar a un rendimiento energético más bajo de los sistemas agrarios en el siglo XX:

- 1- La introducción de subsidios a la energía externos procedentes de los combustibles fósiles;
- 2- La desconexión funcional entre los diferentes terrenos de todo el ecosistema agrario.

Por otro lado Denoia & Montico (2010), analizan la gestión de la energía en cultivos de papa, tomate y lechuga. Analizaron la energía directa y la indirecta. Se estudió la gestión energética dentro de los límites físicos del sistema. Los indicadores empleados fueron: eficiencia energética (EfE) y productividad energética (PE).

Los resultados de los balances energéticos de papa y tomate fueron positivos, mientras que en lechuga, la energía producida fue menor que la ingresada. La mayor eficiencia energética se registró en tomate (3.54), seguida por papa (2.69); la menor fue en lechuga (0.25). La energía ingresada en tomate resultó la más eficiente (88.6 kg MS/100 MJ), seguida por la de papa (16 kg MS/100 MJ) y la de lechuga (10.8 kg MS/100 MJ).

Por otro lado Di Leo, *et al.* (2007), desarrollaron una metodología de procesamiento de información espacial basada en un Sistema de Información Geográfica (SIG), para determinar el balance de energía en unidades de tierra (UT) definidas en una cuenca hidrográfica rural. Se determinaron las UT a partir de mapas de unidades de paisaje y de mapas de estratos de superficie operada por el productor. Se caracterizaron los ingresos (IE) y egresos energéticos (EE) en los sistemas de producción agrícolas. Se calculó la energía neta (EN) y la relación EE/IE (Re). Los datos se analizaron mediante un ANOVA ($p < 0.05$). Los parámetros IE, EE, EN y Re no fueron significativamente diferentes entre UT, por lo que se infiere que el

modelo productivo actualmente desarrollado, desde el punto de vista energético, resulta similar.

Cabrera, *et al.* (2014), mencionan que los cultivos forestales energéticos se han ido posicionando como una alternativa viable para la diversificación de la matriz energética del país. Este tipo de cultivos, aún en fase de desarrollo, se basan en turnos cortos de rotación con altas producciones de biomasa. El problema cuando se evalúa la sostenibilidad de dichos cultivos. El cálculo del balance energético es clave para valorar dicha sostenibilidad. En esta investigación se calculó el balance energético, considerando los productos de la cosecha puestos a orilla de camino, de un cultivo de álamo (*Populus deltoides clon Lux*) con fines energéticos durante un periodo de ocho años (2000-2008), comparando un turno de rotación bienal (T2) con uno trienal (T3). Para ello se ha calculado el costo energético de la producción y cosecha, y la cantidad de energía liberada en la combustión de la biomasa generada. En ambos turnos de rotación se obtienen resultados positivos, siendo más conveniente energéticamente el turno trienal respecto al bienal (34.7 T2 vs 25 T3).

Marquez *et al.*, (2009) refiere que los resultados de este trabajo corresponden al funcionamiento energético de 20 fincas campesinas del municipio La Palma en Pinar del Río. Donde se evaluaron los siguientes indicadores: producción de energía, producción de proteínas, personas que puede alimentar la finca de acuerdo a los requerimientos energéticos y proteínas, así como la relación de unidades de energía insumidas/producidas.

La O *et al.* (2013), reporta que evaluó el flujo de energía y la sostenibilidad de un sistema ganadero- forestal, que cuenta con 309.6 ha de suelo categoría agro-productiva con un régimen de temperatura media promedio de 28.9 °C, una humedad relativa promedio del 88.3 % y un nivel de precipitaciones de 2011 mm anuales. Para el estudio del balance de energía y nitrógeno se utilizaron los datos obtenidos en la unidad. Los indicadores de sostenibilidad determinados fueron: balance de energía, de nitrógeno, eficiencia económica, uso de la tracción animal,

abonos orgánicos, despoblación vegetal, productos, reforestación, intensidad laboral y permanencia en el puesto de trabajo. El balance energético y el del nitrógeno resultaron positivos. Se logra una conservación de especies y una diversificación adecuada y un buen estado de los factores relacionados con el suelo y la arborización. El factor social mostró de forma general características favorables para la mejora del sistema. El saldo económico no es favorable debido a los altos salarios. La principal deficiencia del sistema se presenta en la baja eficiencia de la producción animal. La conclusión principal es que en las fincas estudiadas el balance energético está afectado principalmente por los insumos externos que se adquieren para fomentar la producción animal. Estos insumos corresponden a concentrados de alimentos que se utilizan para la cría de cerdos en la totalidad de los casos. Los insumos relacionados con cultivos no constituyen factores de peso, debido a que se utilizan en cantidades muy reducidas.

También Aguilar-Rivera y Espinosa-López (2015), reportan que la agroindustria azucarera en México, participa con el 37.3% de la producción nacional de azúcar e integra actividades agrícolas, de cosecha y de transporte de caña de azúcar con la producción industrial en ingenios azucareros. Sin embargo, enfrenta retos relacionados con la caída de la productividad agrícola derivados de las prácticas convencionales de manejo del cultivo, el cambio climático y otros aspectos socioeconómicos que ponen en riesgo la reconversión de la agroindustria, por lo que requiere metodologías multidisciplinarias de análisis para determinar puntos críticos que amenazan la sostenibilidad ambiental y económica. El objetivo de su trabajo fue evaluar la producción de caña de azúcar en las zonas de abastecimiento de los ingenios de Veracruz, México por el análisis eMergy y LCA mediante los análisis de los insumos naturales y no renovables por hectárea de caña de azúcar. Se determinó que la carga ambiental y económica del sistema cañero veracruzano es elevada en la demanda de fertilización nitrogenada y fosfórica con un porcentaje de 27.20%, mano de obra 12.10% y servicios 40.78% del total. Posteriormente, el 19.92% corresponde en orden de importancia a combustibles y operación de maquinaria agrícola en la etapa de siembra y manejo, pesticidas y fertilización

potásica y las etapas de cosecha y transporte que son las más significativas al totalizar el 64.65% de emisiones de CO₂, lo que establece la necesidad de reestructurar el campo cañero veracruzano para disminuir costos de producción y la carga ambiental para incrementar la rentabilidad (Sarandón *et al.*, 2006).

Por su parte Chamorro *et al.* (2016), analizaron los flujos de energía y evaluaron el balance de energía (BE) además de la eficiencia energética (EE) de cuatro secuencias (rotaciones) de cultivo: avena/soja (*Avena sativa L./Glycine max (L.) Merr.*), cebada/soja (*Hordeum distichum L./Glycine max (L.) Merr.*), colza/soja (*Brassica napus L./Glycine max (L.) Merr.*) y trigo/soja (*Triticum aestivum L./ Glycine max (L.) Merr.*), producidas bajo dos manejos tecnológicos. La energía ingresada a las secuencias fue similar en las dos campañas evaluadas (13.8 GJ ha⁻¹) pero el BE y la EE fueron mayores en la primera por las mejores condiciones meteorológicas. Los resultados mostraron diferentes flujos energéticos, BE y EE en las secuencias evaluadas. La EE fue elevada (9,417.2) decreciendo en el orden cebada/soja-trigo/soja-avena/soja-colza/soja. La adaptación agroecológica diferencial de los cultivos y el "efecto antecesor" sobre la soja explicarían las diferencias. El manejo tecnológico tuvo menor influencia sobre las variables energéticas que los cultivos que componen la secuencia y las condiciones de crecimiento. El mejor comportamiento lo registró la secuencia cebada/ soja, que logra alta EE y BE con gastos energéticos poco más altos que las otras secuencias. Se considera importante evaluar integralmente estas opciones productivas incorporando otros indicadores de sustentabilidad ecológica así como aspectos económicos y sociales de la sustentabilidad.

La eficiencia energética de sistemas de producción de arroz en 3 ha de un predio arrocero. Se utilizaron tres tratamientos, registrando tanto costos financieros como energéticos:

Una ha sembrada con una variedad aromática de porte alto con genealogía hindú, trasplante manual y aplicación exclusiva de caldos microbiológicos y abonos sólidos orgánicos.

Una ha sembrada con una variedad cateto tipo japonico, aplicación de herbicidas y

manejo nutricional basado también en abonos orgánicos sólidos y líquidos.

Una ha sembrada con la variedad 733, aplicación de agroquímicos en todas las etapas del cultivo y nutrición basada en fertilizantes de síntesis química.

Mediante el registro y contabilización de las actividades implementadas y de los insumos aplicados en cada uno de los tres tratamientos, se realizaron las equivalencias en unidades energéticas (1 MJ = 239 kcal). El cálculo para labores de mecanización tomando en cuenta la potencia total absorbida y la energía consumida por hectárea, por cada implemento. El gasto total de energía en la producción de arroz fue de 1061 Mcal para el sistema de arroz gourmet bajo en insumos tóxicos, de 1449 para el sistema que incorpora la aplicación de herbicidas y de 3915 para el sistema de intensivo en mecanización y agrotóxicos.

El consumo de energía para producir 1 kg de arroz Paddy fluctuó desde 314 Mcal en una variedad aromática tipo japonico con manejo orgánico, siguiendo con 386 Mcal para un sistema en transición que involucraba control químico de arvenses hasta 696 Mcal para un sistema convencional de altos subsidios energéticos.

1.10 NEXO: AGUA ALIMENTACIÓN Y ENERGÍA

La base del Nexo Agua-Energía-Alimentos es un intento de equilibrar los diferentes usos de los recursos presentes en los ecosistemas (energía, agua, tierra, suelo y factores socioeconómicos). Existen claras interacciones entre el agua, la energía y los alimentos que dan lugar a sinergias o intercambios entre diferentes sectores. Por ejemplo, el agua se utiliza para la producción agrícola y a lo largo de toda la cadena de suministro agroalimentario, también se utiliza para producir, transportar y utilizar diferentes formas de energía. Al mismo tiempo, se requiere energía para producir, transportar y distribuir alimentos, así como para extraer, bombear, transportar y tratar agua (FAO, 2014).

El agua, la alimentación y la energía son elementos que presentan fuertes interacciones entre sí. Al nivel más básico, es bien conocido que para producir alimentos se necesita agua y energía, que para bombear, tratar o depurar agua se

necesita energía, o que producir energía requiere agua. A su vez, alimentos, agua y energía presentan un gran impacto en la satisfacción de las necesidades humanas básicas así como un fuerte impacto y dependencia de los ecosistemas. Todo esto hace necesario que su abordaje a todos los niveles (planificación, diseño e implementación de políticas y proyectos) se realice atendiendo a dichas relaciones (Guijarro y Sánchez, 2015).

El Nexo en América Latina y el Caribe (ALC)

Esta región cuenta con una ventaja comparativa natural que es indispensable aprovechar para el desarrollo económico de nuestros países. Sin embargo, el desarrollo sobre la base de estas ventajas (abundantes recursos hídricos, fuentes energéticas y tierras para la producción agrícola) requiere ser sumamente cuidadoso para hacerlo de forma sostenible en el largo plazo. Tomemos el caso de alimentos, ALC tiene el potencial para convertirse en el granero del mundo debido, a su abundancia de tierras fértiles y agua, mano de obra calificada y el potencial para innovar en este sector como se hace actualmente en países como Brasil y Argentina. Sin embargo, para lograr esto se requerirá de un manejo integrado del agua que permita el suministro sostenible de este recurso a través del tiempo. Hoy, algunas de las fuentes de agua clave para el suministro de la irrigación se están viendo afectadas por la deforestación para la producción agrícola que como consecuencia afecta la generación proveniente de fuentes como son los páramos. En agua, ALC con un tercio del agua dulce del planeta y en cuanto las proyecciones para el 2050 muestran que será uno de los continentes menos afectados por la escasez de agua (ver figura 1) – cada vez las fuentes de este recurso se están viendo afectadas por los efectos del cambio climático y por consecuente están teniendo un impacto sobre la generación de energía. Por ejemplo, la energía a base de recursos hídricos que actualmente representa el 70% de la matriz energética de ALC, está enfrentado dificultades en materia de generación debido a cambios en los patrones de lluvia como los que actualmente atraviesa Colombia por consecuencia de fenómenos naturales como El Niño. Como resultado esto impacta natural en los alimentos ya

que la producción agrícola requiere de energía en todas las etapas de su cadena de valor (Coli, 2015).

1.11 BIBLIOGRAFÍA

Acosta, L. A., y Rodríguez, M. S. (2006). En busca de la agricultura familiar en América Latina. Santiago (Chile)

Aguilar-Rivera, N., Alejandro-Rosas, J., y Espinosa-López, R. (2015). Evaluación emergy y LCA en la agroindustria azucarera de Veracruz, México. *Cultivos Tropicales*, 36(4), 144-157

Altieri, M. y Nicholls, C. (2000). *Agroecología Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. Distrito Federal (México)

Arnold, M., y Osorio, F. (1998). *Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas*. Universidad de Chile (Chile).

Bueche, F. J., & Hecht, E. (2000). *Física General*; Schaum. McGraw-Hill.

Cabrera, A., Santelices, R., Bonari, E., Espinoza, S., Tozzini, C. (2014). Cálculo del balance energético de una plantación de *Populus deltoides* clon Lux con fines energéticos en un sitio con ambiente mediterráneo. *Bosque*, 133-139.

Campos P., y Naredo P. (1980). *La energía en los sistemas agrarios*.

Coli, P. (2015). ¿Qué papel tiene el Nexo entre agua-energía-alimentos y el cambio climático?., Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de: <https://blogs.iadb.org/agua/es/>

Denoia, J., & Montico, S. (2010). Energy balance in field vegetable crops in Rosario (Santa Fe, Argentina). *Ciencia, docencia y tecnología*, (41), 145-157. Retrieved May 13, 2016.

- Di Leo, N. C., Vilche, M. S., Bonel, B. A., Denoia, J. A., & Montico, S. (2007). Balance energético en unidades de tierra de una cuenca rural basado en un sistema de información geográfica. (Spanish). *Revista De La Facultad De Ciencias Agrarias*, 39(1), 41-57.
- FAO. (2014). *Agricultura familiar en américa latina y el caribe: recomendaciones de política*. 486 p. Santiago de Chile
- Guijarro, A. y Sánchez, E. (2015). El Nexo agua-alimentación-energía en el marco de la agenda post 2015. España. Recuperado de <https://bit.ly/2lwmy9>
- La O, M.; Saraoz, V.; Nahed, J.; Pinto, R.; Ruiz, B.; Fonseca, María; Guevara, F.; Rodríguez, L.A.; Gómez, H.; (2013). Balance energético del sistema local de producción de bovinos de engorde en Tecpatán, Chiapas, México. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 359-365
- Márquez, M.; Angarica, L.; Valdés, N.; Vargas, D; Pérez, D.; (2009). Funcionamiento Y Balance Energético En Agroecosistemas Diversos. *Cultivos Tropicales*, Sin mes, 36-42.
- Pelino, I. (2009). La energía, 18. Retrieved from <http://www.iae.org.ar/la-energia.pdf>
- Pimentel, D., & Pimentel, M. (1979). *Food, Energy and Society*. Edward Arnold, London. Pimentel Food. Energy and Society.
- Ruiz, D., Martínez, J., Figueroa, A. (2015). *Agricultura sostenible en ecosistemas de alta montaña*. Colombia.

2 UNA MIRADA A LA AGRICULTURA FAMILIAR PERIURBANA

A look at periurban family farming

2.1 RESUMEN

La agricultura familiar es un tipo de producción donde la unidad doméstica y la unidad productiva están físicamente integradas, la agricultura es la principal ocupación y fuente de ingreso en este núcleo. Una de los principales problemas a los que puede enfrentarse esta actividad, son los patrones agrícolas que actualmente son encaminados a la hegemonía creciente del modelo agroindustrial, que va de la mano del tipo de agricultura enfocada a la empresa rural, que por un lado promueve las grandes empresas agroalimentarias, tanto locales como globales. Este modelo agroindustrial es enfocado en la filosofía de la globalización de la producción, que obstaculiza la comercialización de los productos locales. Dentro de la agricultura familiar se encuentra la agricultura que es llevada a cabo en las zonas periurbanas y que estas zonas son definidas como la interface de transición entre la ciudad y la zona rural, no como un área claramente definida y concreta, sino como un territorio de límites difusos. En comunidades como San Juanico Chico (El Poblado comunal que se encuentra en el municipio San Luis Potosí, S.L.P.), esta actividad puede ser un motor para el sostenimiento de las familias, al obtener aquellos recursos alimentarios, ambientales y biomateriales útiles para satisfacer sus necesidades.

Palabras clave: agricultura periurbana, sustentabilidad, urbanización.

2.2 ABSTRACT

Family farming is a type of production where the domestic unit and the productive unit are physically integrated, agriculture is the main occupation and the source of income in this nucleus. One of the main problems facing this activity are the agricultural patterns that are currently heading for the growing hegemony of the agro-industrial model, which goes hand in hand with the type of agriculture focused on the rural company, which on the one hand promotes large agrifoods companies, both local and global. This agro-industrial model focuses on the philosophy of globalization of production, which hinders the transformation of local products. Within family farming is agriculture that takes place in peri-urban areas and that these areas are defined as the transition interface between the city and the rural area, not as a clearly defined and concrete area, but as a territory of fuzzy limits. In communities such as San Juanico Chico (The communal village that is located in the municipality of San Luis Potosí, state of S.L.P.), this activity can be an engine for the support of families, obtaining these useful food, environmental and material resources to meet their needs.

Keywords: peri-urban agriculture, sustainability, urbanization

2.3 INTRODUCCIÓN

La agricultura familiar es un tipo de producción donde la unidad doméstica y la unidad productiva están físicamente integradas, la agricultura es la principal ocupación y fuente de ingreso del núcleo familiar, la familia aporta la fracción predominante de la fuerza de trabajo utilizada en la explotación, y la producción se dirige al autoconsumo y al mercado local conjuntamente (Foro nacional de la agricultura familiar, 2006). Una de las formas de agricultura familiar se encuentra en la agricultura periurbana que tiene las mismas características, diferenciándose de la territorialidad, pues esta se lleva a cabo en la frontera del campo y la ciudad.

2.4 DEFINICIONES DE LA AGRICULTURA FAMILIAR

Neiman (2008), menciona que, bajo las condiciones de producción capitalista el término campesino adquiere un sentido meramente descriptivo cuyo único elemento invariable es el empleo de mano de obra familiar, y que aun conservando esta peculiaridad, al estar insertas en una economía nacional de tipo capitalista las unidades familiares siguen el "movimiento de la acumulación de dinero" y por lo tanto puede ser clasificadas "bajo las leyes del desarrollo y de la acumulación capitalista". Por lo anterior es claro que "esto sucederá aunque se pueda aseverar, de una manera general, que la producción de una explotación familiar, aún bajo de un modo capitalista de desarrollo, está orientada hacia la realización de las necesidades de la familia." Archetti y Stolen (1978) proponen llamar farmer al tipo de productor "que combina trabajo doméstico y trabajo asalariado y que acumula capital, lo que permite, en un lapso significativo, ampliar el proceso productivo aumentando la productividad del trabajo."

La dificultad para encontrar una definición precisa de explotación agrícola familiar, al equiparar al agricultor familiar como farmer, cuyas principales características son la presencia del grupo doméstico del productor como principal fuente de mano de obra y la orientación comercial de las actividades, plantea que esto ubica a las unidades en una posición ambigua entre el campesinado y el moderno agricultor independiente (Neiman, 2008).

A su vez Neiman (1999), refiere a que la heterogeneidad de situaciones de explotaciones familiares existente, ha conducido a una prolífera discusión sobre las características y naturaleza que una definición de las mismas debía considerar. Se considera como unidades familiares aquellas que utilizan exclusivamente mano de obra familiar. Por su parte Balsa (2000), identifica a las formas de organización familiar cuando no se contrata trabajadores asalariados o cuando la proporción de trabajadores familiares es mayor al 90% y reserva la categoría de "familiares asalariados" cuando esa proporción esta entre el 50% y el 90%.

Tort (2005), proponen utilizar dos criterios para distinguir una explotación familiar de una empresa: por una lado la participación directa del titular y su familia en las labores del campo, aunque se contraten trabajadores permanentes y/o eventuales; y por otro la responsabilidad directa del titular en la administración de la explotación, tanto en la parte comercial-financiera como en la laboral productiva, sin que exista, por tanto, un administrador contratado.

En este sentido la explotación familiar es puntualizada por su autonomía en la estructuración del proceso de trabajo agrícola, tanto en términos económicos (organización productiva) como sociales (organización familiar y establecimiento de vínculos con las instituciones locales).

Entonces la producción familiar puede ser caracterizada por combinar el trabajo familiar sobre la tierra que poseen, estando totalmente vinculados a los distintos mercados. El objetivo de la producción familiar es producir bienes agropecuarios para venderlos en el mercado y de tal manera obtener ingresos que le permitan subvenir a las necesidades reproductivas del grupo familiar (Piñeiro, 2003).

La producción familiar se delimita como un tipo de producción donde la unidad doméstica y la unidad productiva están físicamente integradas, la agricultura es un recurso significativo en la estrategia de vida de la familia, la cual aporta la fracción predominante de la fuerza de trabajo utilizada en la explotación, y la producción se dirige tanto al autoconsumo como al mercado" (Dumrauf, 2010).

Es una “forma de vida” y “una cuestión cultural”, que tiene como principal objetivo la “reproducción social de la familia en condiciones dignas”. En el Foro sobre la Agricultura Familiar (2006) declara que en esta definición genérica y heterogénea se incluyen distintos conceptos que se han usado o se usan en diferentes momentos para definir a los actores de la AF, como son: pequeño productor, minifundista, campesino, chacarero, colono, productor familiar, a los que agregan a los campesinos sin tierra, los trabajadores rurales y las comunidades de pueblos originarios.

2.5 TIPOLOGÍA DE AGRICULTORES FAMILIARES (AF)

Acosta y Fazzone (2006), proponen una tipología de los agricultores de la siguiente manera:

Agricultura familiar de subsistencia: el productor vive en el predio, utiliza mano de obra familiar como principal fuerza de trabajo, no contrata mano de obra ocasional ni permanente, posee una extensión de tierra que no le permite devengar un ingreso mínimo para cubrir las necesidades básicas de los diferentes miembros del hogar (por lo general la mayor parte del ingreso proviene del alquiler de su mano de obra en fuera de la explotación), el destino principal de su producción es el autoconsumo.

Agricultura familiar: el productor vive en el predio, utiliza mano de obra familiar como principal fuerza de trabajo, puede contratar mano de obra ocasional en etapas específicas del ciclo de producción (siembra, limpieza, cosecha); no contrata mano de obra permanente, la extensión de su predio genera excedentes productivos que le permiten obtener un ingreso mínimo para cubrir las necesidades básicas de hogar; la mayor parte del ingreso proviene de las actividades de la explotación agrícola, el cual puede ser complementado con actividades fuera del predio. El destino de la mayor parte de su producción es el mercado.

Agricultura empresarial: el productor no vive necesariamente en el predio, utiliza como principal fuerza de trabajo mano de obra temporal y permanente, la extensión

de su predio genera amplios excedentes productivos, el destino de la producción es el mercado. Esta tipología busca aproximarse, por una parte, a la identificación de tipos sociales agrarios como categorías sociológicas que forman parte de la conceptualización más aceptada de "campesinos y pequeños productores rurales" y, por otra, a la experiencia de los programas de desarrollo rural en la Argentina, en relación con la definición de su población objetivo.

Por otro lado se puede discutir sobre la pertinencia de la agricultura familiar en América Latina y el Caribe (ALC) pero es incuestionable su importancia y trascendencia. La agricultura familiar agrupa cerca del 81% de las explotaciones agrícolas en ALC, provee a nivel país, entre 27% y 67% del total de la producción alimentaria; ocupa entre el 12% y el 67% de la superficie agropecuaria y, genera entre el 57% y el 77% del empleo agrícola en la Región (FAO-BID, 2007; FAO, 2012).

Así mismo Leporati *et al.* (2012), reportan que la superficie de la agricultura familiar en el caribe es de 93,578 ha, donde Jamaica la AF ocupa 47,712 ha, y un promedio de 0.30 ha por unidad de producción, Santa Lucía destina un promedio de 3,958 ha con un promedio de 0.48 ha por unidad de producción y Surinam 41,908 ha, con un promedio de 4.10 ha por unidad de producción.

Para el caso de los países andinos, Colombia, Ecuador y Perú la AF ocupa 11,855,372 ha, con un promedio de 3.09 ha por unidad de producción, mientras que en el cono sur, en Argentina, Brasil, Chile y Paraguay, destinan 143,618,362 ha, con promedios de 47.02 ha por unidad de producción.

Por otro lado, en centro américa: Guatemala tiene un promedio de 864,165 ha, con una media de 1.20 ha por unidad de producción, Panamá destina alrededor de 272,935 ha y en México se ocupan 9,920,173 ha con un promedio de 6.83 ha por unidad de producción.

Así mismo el conjunto de las unidades económicas rurales de agricultura familiar con potencial productivo empresarial asciende a 2,147,619 lo cual representa el 39.6% de las unidades económicas rurales que se encuentran en México.

2.6 LA REALIDAD DE LA AGRICULTURA FAMILIAR EN MÉXICO

Es una realidad que los patrones agrícolas que actualmente se encaminan a la hegemonía creciente del modelo agroindustrial, que va de la mano del tipo de agricultura enfocada a la empresa rural, que por un lado promueve las grandes empresas agroalimentarias, tanto locales como globales, este modelo agroindustrial se enfoca en la filosofía de la globalización de la producción, que obstaculiza la comercialización de los productos locales. García (2009), menciona que las tendencias indican que los agricultores en pequeña escala de los países en desarrollo, abandonan o venden sus granjas de manera creciente, lo que da lugar a la concentración de tierras y al incremento de la producción comercial de cultivos.

En México durante los años noventa del siglo XX, se desarrolló un nuevo modelo económico donde los agricultores familiares se vieron afectados con el distanciamiento del campo, lo que provocó un proceso de desarraigo, nuevas formas de generación de ganancia, principalmente reforzando la mano de obra industrial en las zonas urbanas, provocando un deterioro en la calidad de vida del sector rural. En cuestión productiva este fenómeno social trajo consigo la aparición de nuevas formas de explotación familiar, reduciendo el tamaño de las unidades de producción, y con la necesidad de adoptar nuevas tecnologías, aumentando el costo de producción, promoviendo los monocultivos y buscando mercados con un enfoque nacional e internacional de la comercialización, lo que coincide con Rubio (2001), que denomina este periodo de tiempo como “agroexportadora neoliberal excluyente”. Más que una crisis estructural del sector, la exclusión, y la marginalidad que sufren los productores de alimentos básicos, constituye una característica de esta nueva fase productiva ya que el concepto de crisis, constituye una etapa de ruptura entre un régimen de acumulación y otro “la crisis expresa el agotamiento de una forma particular de

explotación del trabajo, que constituye el rasgo esencial de cada régimen de acumulación”

En este sentido desde que inició en México la aplicación de las políticas neoliberales en el sexenio de Miguel de la Madrid Hurtado, el país comenzó a transitar por una enorme senda de incertidumbre y tragedia social y humana; en la economía nacional, aun con muestras de crecimiento no tiene la misma regularidad que en las décadas anteriores, la tasa de crecimiento de este periodo fue de menos del 3% anual; por el contrario un promedio del 6% en la década de los cincuenta y sesenta. Aunque es importante mencionar que en la década de los ochenta el crecimiento de la producción fue prácticamente inexistente. Es en la década de los noventa cuando el desempeño económico muestra signos de mejoría, que duraría hasta finales de ese periodo; a inicio del año 2000, la tasa de crecimiento anual promedio fue de 1.6% tal parece que la “alternancia política” no va de la mano con el crecimiento y el desarrollo económico

La crisis en el sector rural se ha hecho cada vez más profunda porque la mayoría de los cultivos y de los productos pecuarios y forestales han dejado de ser rentables. La actividad agropecuaria y forestal se descapitaliza, se reduce la producción, aumenta la dependencia alimentaria, se destruye la planta productiva, se desarticulan las cadenas de producción. En el campo es cada vez más creciente la expulsión de la población, los empleos se reducen, los recursos naturales se degradan, las divisas necesarias para el desarrollo se utilizan para pagar las importaciones de alimentos, los ingresos de las familias campesinas han caído, la pobreza y marginación aumentan en el sector rural. Ello habría ocurrido por el retiro del Estado de sus funciones de planeación, fomento y regulación de la economía agropecuaria y rural, el descenso del presupuesto del campo, el retiro de la inversión estatal, el abandono del mantenimiento y creación de infraestructura y servicios, la privatización de las empresas públicas, la reducción de los subsidios, la poca protección a la producción nacional y el mercado interno, la falta de crédito para millones de productores, la carencia de investigación, innovación tecnológica, asistencia técnica y capacitación (Cano y Evangelina, 2014).

2.7 LA AGRICULTURA PERIURBANA (AP) UNA FORMA DE AGRICULTURA FAMILIAR

Respecto a la AP Andrada (2016), menciona que las aproximaciones teóricas acerca de los procesos de periurbanización y suburbanización, son la materialización de complejos procesos orientados desde una lógica socioeconómica particular a cada instancia de dicho proceso. Se reconoce una trama de relaciones sociales y estructuraciones territoriales variables en espacio y tiempo. Lo periurbano como un espacio distinto al resto por su organización interna y forma espacial siendo las características distintivas, la lógica de producción y la mutación interna. Por otro lado, Ahmed (2008), menciona que la interface periurbana es la transición entre la ciudad y la zona rural, no como un área claramente definida y concreta, sino como un territorio de límites difusos. Se identifica como una combinación de características y fenómenos de ambos sectores.

Ávila (2009), menciona que el proceso urbanizador y la conformación de zonas metropolitanas es uno de los fenómenos más representativos desde el siglo XX. En México, se analizó y delimitó el concepto de metrópolis considerando la unión territorial de dos o más municipios con más de 100 mil habitantes y un primer contorno en fuerte interacción con el municipio central. Se consideraba que la conformación de los entes urbanos admitía una diferenciación. Por un lado la del área urbana, espacio conformado por la ciudad y el ámbito contiguo edificado, con usos del suelo no agrícola que mantiene la continuidad física respecto a un núcleo, que puede estar interrumpido por formas territoriales distintas a lo urbano (bosques, cuerpos de agua o campos agrícolas) por otro lado, se tiene la zona metropolitana (ámbito político-administrativo de la ciudad central y los espacios contiguos) que presentaban las mismas características.

En la actualidad, prevalece un nuevo modelo de expansión urbana en el contexto espacial de la metrópoli y de la ciudad-región. La globalización mediante la expresión territorial de las mega ciudades ha favorecido un proceso de dispersión urbana expresado en el desarrollo de nuevas y diversas actividades económicas (sobre todo servicios), así como el desarrollo de infraestructura urbana y del transporte, además

de la desconcentración de funciones hacia ciudades medias y pequeñas o bien hacia espacios rurales o urbano-rurales dentro de la región (Aguilar, 2006).

Se fortalece la existencia de las periferias metropolitanas expandidas como los espacios alrededor de las áreas metropolitanas y donde se expresa la influencia directa de la gran ciudad; no tienen límites geográficos bien definidos (de 75 a 100 km). En estos espacios ocurre una intensa transformación de las áreas agrícolas periféricas hacia patrones de usos discontinuos del suelo urbano-rural.

El proceso encuentra su referente en un tipo de urbanización de base-regional, donde los procesos rebasan los límites de la ciudad, la metrópoli y operan en un espacio regional mayor (Aguilar, 2003).

La agricultura periurbana (AP) ha estado sometida a grandes presiones y transformaciones que han derivado en su ruptura funcional con la ciudad, iniciada a mediados del siglo XIX en los países de la primera industrialización y que prosigue hasta la actualidad.

Debido a la demanda de alimentos en los grandes asentamiento urbanos, pareciera ser que la AP es una de las soluciones a las necesidades de las ciudades, pero en la realidad esta situación genera grandes conflictos entre los habitantes de las zonas urbanas con los habitantes de la periferia, por el despojo del territorio, el agua y los servicios ambientales, esto debido a la creciente demanda de espacio de las zonas urbanas. Asunto que deberá ser gestionado desde la planificación territorial.

Sin embargo para entender la problemática es importante analizar lo que menciona Pengue (2005) “para el modelo de expansión territorial de las ciudades no existe el pequeño y mediano agricultor, aquel que aún está afianzado a su terreno, con una cultura propia y en el que necesita no solo una mejora de su necesaria estabilidad económica, sino el respeto y consolidación de pautas culturales, familiares, sociales, ecológicas y de arraigo a un entorno que el modelo industrial desatiende o directamente amenaza”. Por eso con la interacción de la agricultura familiar con la agricultura urbana presenta en el futuro una solución a esta problemática. Así mismo el modelo actual de agronegocios que promueve la concentración de la tierra, la

producción y las riquezas que arroja al desarraigo de miles de familias agricultoras, que encarece el precio de los productos agropecuarios.

Frente a este modelo de agronegocios además del despojo de la tierra y la cultura de los habitantes periurbanos, que promueve una agricultura sin agricultores, sin familias, que arrojan a este sector a la dependencia alimentaria, que están dando lugar al descontento en varias ciudades del mundo frente a los gobiernos subordinados al dominio exclusivo de los mercados se hace necesario revalorizar la importancia de la agricultura familiar como un tema de primer orden en la agenda.

Por el contrario en el marco de un verdadero desarrollo rural sostenible será pilar insustituible la agricultura, pero solo aquella de base familiar. Así lo han entendido los principales países desarrollados. Existen rigurosos estudios que demuestran que las naciones que alcanzaron elevados niveles educacionales, mejoraron sus condiciones de salud, calidad y esperanza de vida y lograron una elevada renta *per cápita*, optaron por la reforma agraria y fortalecieron una agricultura basada en el trabajo familiar mientras que las naciones con los más bajos índices de desarrollo humano presentan un fuerte predominio de su agricultura terrateniente y utilización del latifundio en el marco de una agricultura cada día más intensiva y especulativa (Pengue, 2005).

Ante esta realidad se puede señalar que cobra vigencia el rol de la agricultura familiar como promotor de un mejor nivel de vida, generadora de empleos, que ponga freno al éxodo permanente de los pobres del campo a las ciudades y que apunte a garantizar la soberanía alimentaria. El desarrollo es sobre todo caracterizado por la digitalización de procesos de producción industrial en la ciudad como resultado de la 6ª generación de innovación tecnológica del sector productivo.

2.8 EL AGRICULTOR Y LAS FORMAS DE VIDA PERIURBANA

Las maneras en cómo se manifiesta la vida periurbana depende estrechamente de la dualidad de la entre la vida urbana y la vida rural y aunque uno de los principales

problemas de las sociedades agrícolas se deriva de encontrar un equilibrio entre las exigencias de la vida de la ciudad y los usos y costumbres de la vida rural, en este caso existe un peligro constante de urbanización del núcleo rural, además con la necesidad de organizarse y autogestionar su forma de vida, en este sentido se ve obligado a generar diversas estrategias organizativas que ayuden a mitigar los efectos de la indefinición territorial (Garza, 2003).

El caso de San Juanico Chico, es un ejemplo palpable de la sustitución de forma de vida campesina como producto del crecimiento de la mancha urbana y la constante reconfiguración de la territorialidad y la administración propia de su patrimonio social. La capital potosina y la zona metropolitana han jugado un papel definitorio debido al constante crecimiento en casi todo el perímetro de las misma, generando en no pocas ocasiones conflictos sociales debido a la reestructuración de la organización social y la tenencia de los recursos, si bien no existe una negativa total al proceso de urbanización, es real que en comunidades conurbadas no se ha hecho de manera justa y ha traído como consecuencia el despojo y el uso ilegal de la tierra, aunado al inexistente acceso al agua, teniendo que abastecerse en auto tanques aun cuando la comunidad posee pozos profundos que dejaron de operar años atrás por conflictos internos.

Todo esto refleja las relaciones poco equitativas de una sociedad periurbana en vías de urbanización que cuenta con usos y costumbres de índole rural, tales como los sistemas de agricultura familiar, venta interna de productos, organización social y religiosa que si bien intentan conservar, pero con una clara influencia de efectos contradictorios con las zonas urbanizadas.

En este sentido se puede explicar de manera general el porqué de la sustitución de la forma de organización rural y la integración de nuevas actividades económicas y sociales provenientes de las ciudades que lejos de promover la autosuficiencia y la independencia del exterior, hace cada vez más dependiente de productos y servicios que provienen del exterior, además de esto se da un desequilibrio en los precios de los bienes y servicios que ofrece la comunidad con respecto al exterior. Desde el

punto de vista práctico y de la disponibilidad de los proyectos de investigación se continúa con las siguientes conclusiones.

2.9 CONCLUSIONES

- Los sistemas de agricultura periurbana como el que se practica en la comunidad de San Juanico Chico, pueden ser una estrategia para el sostenimiento de familias al obtener los recursos alimentarios, ambientales y materiales, necesarios para satisfacer sus necesidades.
- El trabajo agrícola periurbano es un factor para la generación, transmisión y reproducción del conocimiento a través de las generaciones, lo cual permite la conservación y aprovechamiento óptimo de los recursos disponibles para la producción. De igual manera, este tipo de actividades generan identidad entre los habitantes de una región al compartir conocimientos de manera horizontal de un productor a otro.
- La problemática que se presenta con mayor frecuencia en los espacios periurbano en donde se practican actividades agropecuarias como en San Juanico Chico, obedecen principalmente a la constante expansión territorial de la mancha urbana y la imposición de modelos y dinámicas económicas que poco tienen que ver con las formas de organización campesina.

2.10 BIBLIOGRAFÍA

Acosta, L. A., y Fazzone, M. S. (2006). En busca de la agricultura familiar en América Latina. RIMISP. Retrieved from http://www.cehap.bellinux.net/IMG/pdf/En_busca_de_la_agricultura_familiar_en_LA.pdf

Aguilar, A. (2003). Urbanización, cambio tecnológico y costo social. El caso de la región centro de México. México: IG-UNAM; CONACYT; Miguel Ángel Porrúa Editores, pp. 19-71.

- Aguilar, A. (2006). Las grandes aglomeraciones y su periferia regional. Experiencias en Latinoamérica y España. México: IG-UNAM; CONACYT; Miguel Ángel Porrúa Editores, pp. 115-141.
- Ahmed, N. (2008). Pesticide Use in Periurban Environment. Introductory Paper at the Faculty of Landscape Planning. Horticulture and Agricultural Science. Swedish University of Agricultural Sciences. Alnarp
- Andrada, N. (2016). Periurbano platense : Definiciones y problemáticas desde la geografía e inclusión de la perspectiva ambiental. Actas. La Plata : UNLP-FaHCE. En Memoria Académica.
- Archetti, E. y Stólen, K. A. (1975) Explotación familiar y acumulación de capital en el campo argentino, Siglo XXI, Buenos Aires.
- Ávila, H. (2009). Periurbanización y espacios rurales en la periferia de las ciudades. Estudios Agrarios, 41, 96–97.
- Cano, S., y Evangelina, J. (2014). La Política Agrícola En México, Impactos Y Retos. Revista Mexicana de Agronegocios, 18(35), 946–956. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14131676004>
- Dumrauf, S. (2010). Esto es materializado mediante el desplazamiento de las actividades agropecuarias, la exclusión de los productores de la producción de alimentos, el arrinconamiento de comunidades campesinas e indígenas, etc. Agricultura Familiar, Tecnología y Financiamiento. Cátedra Economía Agraria. Facultad de Ciencias Veterinarias, 12.
- FAO/BID. (2007). Políticas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe – Resumen ejecutivo (Soto-Baquero, F.; Rodríguez F., M.; y Falconi, C., eds.). FAO, Santiago, Chile. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/politicasafr.su.pdf
- Garza, G. (2003). La urbanización de México en el siglo XX, México: El Colegio de

México.

Neiman, M. (2008). Cambios recientes en la agricultura familiar. Un estudio sobre los trabajadores familiares remunerados de la región pampeana argentina. *Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios*, 28.

Pengue, W. (2005). Agricultura industrial y transnacionalización en América Latina ¿la transgénesis de un continente? Red de formación ambiental, serie textos básicos para la formación ambiental, núm. 9, programa de naciones unidas para el medio ambiente. México, 2005, 220 pp.

Piñeiro, D. E. (2003). Caracterización de la Producción Familiar, 17.

Piñeiro, D.E. (2007). Caracterización de la producción familiar. In: asociación de estudiantes de agronomía. Desarrollo rural y agricultura familiar: una perspectiva Latinoamericana. Montevideo: Facultad de Agronomía. pp. 175-186.

Tort, M. y Román, M. (2005), "Explotaciones familiares: diversidad de conceptos y criterios operativos" en González, María del Carmen (Comp.), Productores familiares pampeanos, hacia la comprensión de similitudes y diferenciaciones zonales, Astralib Cooperativa, Buenos Aires.

3 SUSTENTABILIDAD DE LA AGRICULTURA FAMILIAR EN REGIONES ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS

*Guadiana Alvarado, Z., Duran García H., Dietmar Rössel Kipping, E.
Doctorado en Ciencias Ambientales*

Palabras clave: *agricultura, sustentabilidad, energía.*

3.1 RESUMEN

La agricultura es el dominio de las técnicas de cultivo del suelo para la obtención de alimentos, cuando el hombre controla esta tecnología encuentra parte importante de la solución para el abastecimiento constante del alimento de los seres humanos, impactando directamente en la disminución de la mortalidad, con este descubrimiento y el desarrollo de otros conocimientos, además del progreso del comercio e intercambio de mercancías, aumenta del desarrollo de los asentamientos humano (FAO, 2014).

En este sentido la OCDE, considera que la agricultura es una de las actividades profesionales, económicas, sociales y ambientales de mayor impacto para el desarrollo del ser humano, esto es porque de ella derivan los principales productos para la alimentación de toda la población. Por lo tanto, la agricultura junto con la ganadería, pesca, apicultura etc. son una parte fundamental para el desarrollo de la economía, ya que en la actualidad miles de personas se sustentan gracias a estas actividades.

Los sistemas de agricultura pueden ser divididos en dos grandes sectores: el agroindustrial del que se desprenden grandes corporaciones que a través de sistemas intensivos de producción, grandes inversiones y muchas veces monocultivos, producen alimentos a gran escala para una buena parte de la sociedad, por otro lado la agricultura familiar donde se agrupan pequeños productores, familias y cooperativas que producen alimentos e insumos en pequeñas parcelas con un promedio de menos de 15.5 ha, con inversiones limitadas y casi

siempre con multicultivos con tecnologías artesanales de producción y sus productos se dirigen a mercados locales de consumo.

Uno de factores de mayor importancia en todo sistema de producción es el consumo de energía en el caso de la agricultura no es la excepción, mientras los sistemas de producción agroindustriales derrochan grandes cantidades de energía los sistemas familiares tienen serios problemas para sustentar la cantidad de energía necesaria para su desarrollo (Di Leo, 2007).

En términos de energía, un sistema de producción agrícola puede ser interpretado como un convertidor de energía solar y recursos naturales en alimentos, con la intervención de agua, dióxido de carbono y subproductos como combustibles, fertilizantes, pesticidas y semillas, entre otros.

Este trabajo de investigación pretende estudiar los algunos sistemas de producción agrícola de las regiones áridas y semiáridas, conocer de forma general su naturaleza y su funcionamiento, para posteriormente realizar un análisis de flujo de energía, desglosar cada una de las actividades con el fin de analizar los procesos del sistema e identificar las acciones que ayuden a la disminución del uso de energía y así proponer un modelo sustentable de producción agrícola familiar.

Palabras clave: energía, sistemas de agricultura, sustentabilidad.

3.2 ABSTRACT

Agriculture is the domain of soil cultivation techniques for obtaining food, when man controls this technology, he finds an important part of the solution for the constant food supply of human beings, directly impacting on the decrease in mortality, With this discovery and the development of other knowledge, in addition to the progress of trade and the exchange of goods, the development of human settlements increases.

In this sense, the OCDE considers that agriculture is one of the professional, economic, social and environmental activities with the greatest impact on the development of human beings, this is because it derives from it the main food products for the entire population. Therefore, agriculture along with livestock, fishing, beekeeping, etc. they are a fundamental part for the development of the economy, since at present thousands of people are sustained thanks to these activities.

Agricultural systems can be divided into two main sectors: the agro-industry from which large corporations emerge, which through intensive production systems, large investments and often monocultures, large-scale food products for a good part of society, by On the other hand, family farming where small producers, families and cooperatives that produce food and supplies in small plots with an average of less than 15.5 hectares are grouped. , with limited investments and almost always with multicultural with artisanal production technologies and their products are directed to local consumer markets.

One of the most important factors in the entire production system is energy consumption in the case of agriculture is no exception, while agro-industrial production systems waste large amounts of energy family systems have serious problems to support amount of energy needed for its development.

In terms of energy, an agricultural production system can be interpreted as a converter of solar energy and natural resources in food, with the intervention of water, carbon dioxide and by-products such as fuels, fertilizers, pesticides and seeds, among others.

This research work aims to study the agricultural production systems of the arid and semi-arid regions, to know the general form of its nature and its operation, to subsequently perform an energy flow analysis, to break down each of the activities with the in order to analyze the system processes and identifies the actions that help to reduce the use of energy and, therefore, proposes a sustainable model of family agricultural production.

Keywords: energy, agriculture systems, sustainability.

3.3 INTRODUCCIÓN

Los procedimientos agrícolas son sistemas abiertos que interactúan con los procesos de la naturaleza y la sociedad. El desarrollo de un sistema alimentario sostenible requiere más atención en la eficiencia de todo el proceso de conversión de los recursos naturales hasta que llega a las mesas de los consumidores. Esto incluye el análisis de producción, procesamiento, comercialización y consumo de alimentos (Francis *et al.*, 2003). La modernización de los sistemas alimentarios ha sido un proceso estrechamente vinculado con la urbanización, que está íntimamente ligada a la industrialización de la sociedad. El abasto alimentario está asociado a la consolidación de las ciudades; las cuales crecen, concentran el ingreso y ejercen un dominio paulatino sobre sus zonas de abastecimiento; de esta forma, las áreas agrícolas se han adaptado a las necesidades urbanas. Bajo estas condiciones se reconoce que el consumo urbano influye de manera importante en el tipo de tecnologías que se utilizan en la agricultura (Salgado, 2015).

Por lo tanto la producción agrícola junto con la ganadería son parte fundamental para el desarrollo de la economía, y es que en la actualidad miles de personas se sustentan gracias a esta actividad (OCDE, 2015).

Bajo estas condiciones es inevitable encarar la problemática de forma responsable y generar estrategias que permitan al sector rural y principalmente a los sistemas familiares de agricultura, el desarrollo de técnicas sostenibles, productos de calidad, cadenas de valor y comercio justo; de este modo mejorando la calidad de vida del sector y disminuyendo la migración.

López (2001), menciona también que la agricultura sustentable Incluye consideraciones para una adecuada cantidad de comida para el futuro y también se refiere a temas relacionados con el uso eficiente de los recursos, utilidades para el agricultor y el impacto hacia el medio ambiente.

Por su parte Salgado (2015), menciona: en general, las expresiones que intentan aclarar el concepto de agricultura sustentable tienen relación con las tres dimensiones que abarcan el concepto de sustentabilidad, es decir, con las dimensiones

social, económica y ambiental.

La agricultura sustentable busca, en principio, mantener la viabilidad económica, ambiental y la responsabilidad social. Estos tres principios deben ser adoptados como una unidad funcional. Brindando una forma alternativa para diseñar agricultura que en verdad reproduzca los principios de sostenibilidad de la naturaleza. Así mismo es una forma de tomar decisiones donde se toma en cuenta la sociedad, la economía y la ambiente (Sullivan, 2001).

La agricultura puede ser dividida en dos grandes sectores: el agroindustrial del que se desprenden importantes corporaciones que a través de sistemas intensivos de producción, grandes inversiones y casi siempre monocultivos, producen alimentos a gran escala para una buena parte de la sociedad, por otro lado la agricultura familiar donde se agrupan pequeños productores, familias y cooperativas que producen alimentos e insumos en pequeñas parcelas, con inversiones limitadas y regularmente multicultivos con técnicas artesanales de producción y sus mercancías se dirigen a mercados locales de consumo.

Un factor relevante en todo sistema de producción es el consumo de energía en el caso de la agricultura no es la excepción, mientras los sistemas de producción agroindustriales derrochan grandes cantidades de energía los sistemas familiares tienen serios problemas para sustentar la cantidad de energía necesaria para su desarrollo.

En términos de energía, un sistema de producción agrícola puede ser interpretado como un convertidor de energía solar en productos alimentarios, con la Intervención de agua, dióxido de carbono y subproductos como combustibles, fertilizantes, pesticidas y semillas, entre otros.

En este sentido este trabajo de investigación se estudiaron algunos sistemas de producción agrícola de las regiones áridas y semiáridas, a fin de conocer de forma general su naturaleza y su funcionamiento, para posteriormente realizar un análisis de flujo de energía, desglosar cada una de las actividades que se realizaron, para

analizar los procesos del sistema e identificar las acciones que ayuden a la disminución del uso de energía y así proponer un modelo sustentable. A fin de profundizar en el tema el siguiente apartado aborda sobre el tema.

3.4 ANTECEDENTES

La FAO (2014), señala que un total de 2,570 millones de personas dependen de la agricultura, caza, pesca y silvicultura para su subsistencia, por esta razón la agricultura impulsa la economía de la mayoría de los países en desarrollo.

Específicamente en México, la agricultura es una de las actividades económica de mayor importancia, pues genera una gran cantidad de empleos y es que de esta actividad depende la alimentación de millones de personas, convirtiéndose en un factor determinante en la salud y desarrollo de los mexicanos.

Agricultura Familiar

La agricultura en pequeña escala es un tema que ha llamado la atención de muchas entidades estatales, locales, regionales e internacionales, durante los últimos años, por su importancia en la producción de alimentos y la reducción de la pobreza en las comunidades rurales del mundo. Principalmente las pequeñas unidades de producción, tienen que desempeñar un papel más eficaz en los países en desarrollo, presentándose como un factor de desarrollo en las comunidades más pobres del mundo (Severe y Vera O, 2014),

Para definir el sistema familiar de agricultura es necesario situarse en los contextos locales de cada país, porque de acuerdo a su naturaleza puede variar la extensión y economía, Acosta y Rodríguez (2006), definen algunos conceptos (Tabla1).

TABLA 1 Características de la agricultura familiar

Característica	Descripción
Extensión del predio	Deberá ser suficiente para suministrarle - los ingresos requeridos para cubrir las necesidades básicas de cada uno de los integrantes de la familia
Utilización de mano de obra familiar	Depende directa y principalmente de la fuerza de trabajo familiar sin perjuicio del empleo ocasional en otras actividades o
Lugar de vivienda	El lugar en donde se desarrolla la actividad productiva coincide con el lugar de vivienda.
Fuente de Ingresos	El ingreso deberá provenir de la explotación agropecuaria.
Comercialización de la producción	El destino de la mayor parte de la producción es el mercado local

En este sentido Acosta y Rodríguez (2006), sugieren que es importante resaltar, que la Agricultura Familiar, no es una categoría estática de productores que permanece fija. Por el contrario, se trata de un grupo social que está sujeto a procesos de transición hacia delante o hacia atrás como resultado de los diferentes factores sociales y económicos (internos o externos).

Para definir un sistema familiar de producción agrícola se debe tomar en cuenta la extensión del terreno y esta puede variar de acuerdo a las condiciones ambientales y climáticas de la zona, por otro lado en este sistema la familia es la que realiza la mayor parte del trabajo, pudiendo contratar a externos para actividades clave del proceso, la vivienda debe estar en la unidad de producción o muy cerca de la misma, los ingresos deberán provenir de la explotación y por último el mercado debe tener una fuerte inclinación a los mercados locales.

Tipificación de agricultores rurales método CPNH-CEPAL

La diferenciación de los grupos de productores rurales tiene por objeto conocer las características de cada uno, entre las que destacan: la capacidad de producir alimentos, la capacidad de satisfacer la necesidad de consumo y su participación en la economía local.

En este método de tipificación destacan cuatro grupos de unidades de capacidad de producción (tabla 2).

TABLA 2 Clasificación de los agricultores rurales

Tipo de productor	ETN (ha)	Características
Campeños de infrasubsistencia	0.1- 4.0	Comprende las unidades de producción incapaces de generar alimentos suficientes para satisfacer el consumo familiar
Campeños de subsistencia	4.1- 8.0	Son los que aun produciendo la cantidad de alimentos necesaria para asegurar la supervivencia familiar, no son capaces de generar los recursos extras.
Campeños estacionarios	8.1 -12.0	Son las unidades de producción que generan tanto el volumen de alimentos necesarios para la reproducción de la familia como los fondos para la reposición de los recursos que aseguren la reproducción del proceso productivo en su conjunto.
Campeños excedentarios	> 12.1	Unidades que además de satisfacer las necesidades que exige la reproducción de las condiciones de vida familiar y del trabajo mismo, tienen la capacidad de generar excedentes.

Teoría de los sistemas aplicado a la agricultura

Los sistemas agrícolas son la principal fuente de alimentos para la población. Estos sistemas, algunas veces llamados agro-ecosistemas, normalmente implican varias partes y procesos. Incluyen: un área de cultivo (con suelos formados por procesos

geológicos y ecológicos previos), producción y equipamientos para siembra cosecha, y limpieza del terreno. Un agro-ecosistema es un sistema en el que el ser humano actúa como administrador y consumidor.

Energía de los sistemas agrícolas con diferentes variables

El análisis de cómo se capta y se degrada la energía, la producción agrícola constituye un instrumento para descubrir el significado en términos físicos de tales relaciones

Una de las razones de mayor importancia para estudiar la energía, el balance de energía, emergía, exergía, etc., es debido a que la agricultura moderna requiere de aportes de energía fósil en todas las etapas de la producción, tales como el uso directo de la energía en maquinaria agrícola, agua de riego, operaciones de cultivo y cosecha. Además, se debe contabilizar el empleo de energía a través de fertilizantes minerales, insecticidas y herbicidas, lo que se considera una forma de uso indirecto. En términos generales, los agrosistemas actuales requieren cantidades altas y crecientes de insumos, lo que implica elevados costos energéticos.

Balances energéticos en el mundo

El balance energético es un instrumento para exponer la realidad material en que se traduce la dominación territorial.

En un flujo de energía renovable a transformarse en una actividad productiva muy exigente en combustibles fósiles y recursos no renovables. Y eran esos requerimientos energéticos tan potentes (fertilizantes, combustibles, maquinaria, etc.) los que hacían del conjunto de la actividad agraria un proceso energéticamente deficitario, es decir, que exigía un aporte de kilocalorías superior al que posteriormente se obtenía en forma de alimentos. A este resultado se llegaba midiendo energéticamente la producción total y final agrícola, ganadera y forestal en forma de cultivos (cereales, leguminosas,) carne, huevos, leche, madera, leña y

otros productos forestales; y comparándolo, en términos energéticos, con el total de inputs o requerimientos utilizados (fertilizantes, semillas, maquinaria, etc.). Así se construía, finalmente, el correspondiente indicador de eficiencia energética (output/input) que en las agriculturas de los países industrializados frecuentemente tenía un valor inferior a la unidad, debido en buena medida al peso de los ineficientes procesos de conversión ganadera.

Donde muestra un notable indicador de eficiencia (respecto al total de entrada) como resultado de una alta integración entre la gestión de la agricultura, los pastos y el aprovechamiento del monte. La característica clave fue la integración entre la agricultura, pastizales y tierras forestales, principalmente por medio de la cría de ganado. El estudio de los flujos ayuda a resaltar las dos partes que han dado lugar a un rendimiento energético más bajo de los sistemas agrarios en el siglo 20:

Mientras que Marquez *et al* (2009), refiere que el funcionamiento energético de 20 fincas campesinas se evaluaron los siguientes indicadores: producción de energía, producción de proteínas, personas que puede alimentar la finca de acuerdo a los requerimientos energéticos y proteínas, así como la relación de unidades de energía insumidas/producidas.

3.5 OBJETIVO GENERAL

Diseñar, implementar y evaluar un modelo de agricultura familiar sustentable para regiones áridas y semiáridas del estado de San Luis Potosí .

3.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1- Esquematizar y analizar los sistemas de agricultura familiar bajo condiciones de invernadero en las regiones áridas y semiáridas del estado de San Luis Potosí.
- 2- Analizar los flujos de energía de algunas unidades de producción familiar bajo condiciones de invernadero de las regiones áridas y semiáridas del estado de San Luis Potosí.

3.7 MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se realizó en la comunidad de San Juanico Chico, municipio de la Ciudad de San Luis Potosí, S.L.P., El clima según la clasificación climática de Köppen, modificado por García (1978) corresponde a un BS o KW (w) (i), que equivale a un clima seco-estepario frío, con temperatura media anual de 18°C, siendo 7.5°C la mínima y 35°C la máxima, con una precipitación media anual de 374 mm. La vegetación según Rzedowski (1996) corresponde a matorral desértico *micrófilo*, con abundancia dominante de arbustivas, así como mezquite, huisache y nopal.

Sistemas de producción

Se evaluaron tres Invernaderos de baja escala con dos sistemas de producción por un lado un sistema de producción agrícola convencional basada en el alto consumo

de insumos externos al sistema productivo, como energía fósil, abonos químicos sintéticos y pesticidas, además del uso de mono cultivos en su producción. Por otro lado un sistema de producción agrícola alternativo, que se basa en generar las condiciones adecuadas del suelo para promover el desarrollo de microorganismos benéficos, y utilizar de mejor manera los abonos naturales.

Este trabajo de investigación se desarrolla en 2 etapas:

- La primera etapa consistió en el análisis de los tres invernaderos de producción familiar de baja escala en las zonas áridas y semiáridas, midiendo flujo de energía de las unidades de producción.
- La segunda etapa se abarcó la propuesta de un sistema alternativo de producción específico para las regiones áridas y semiáridas.

Análisis de la información del input y output del sistema

Se realizó un análisis bajo el enfoque de sistemas, que implica la identificación y caracterización de los componentes del sistema de producción de hortalizas, entradas, salidas y relaciones entre componentes (Guevara *et al.*, 2011).

La caracterización de las unidades de producción se realizó por medio de indicadores descriptivos de las diferentes variables que se relacionan con los componentes del sistema de producción, el productor y sus características, la infraestructura, aspectos organizativos, recursos materiales e inversiones.

Los datos que se utilizaron en este trabajo se basaron en la información generada por los productores a partir de la sistematización de la información en el área de trabajo bajo la modalidad de producción protegida,

Para coleccionar la información general de la unidad de producción se solicitó información histórica relacionada a labores de implantación, cantidad de insumos comerciales (semillas, fertilizantes, insecticidas, herbicidas) y requerimientos de mano de obra, representando en conjunto al total del flujo de ingreso al sistema.

Por otra parte, se analizó la cantidad de producto obtenido, que constituye la finalización o salida del sistema.

Se utilizó el método de análisis de procesos de sistemas considerando todos los ingresos de energía (energía directa: maquinarias, combustibles y lubricantes e indirecta: semillas, herbicidas, insecticidas, y fertilizantes) al sistema, caracterizados a través de flujos de materia física.

Los indicadores energéticos (Tabla 3) obtenidos se convertirán a unidades equivalentes en megajoules por unidad de peso o volumen ya que es la unidad más utilizada para los análisis de flujo de energía.

De la relación entre el egreso de energía el total de energía ingresada al sistema se obtendrá mediante la eficiencia energética del proceso analizado.

Los parámetros que se utilizaron fueron los siguientes:

TABLA 3 Parámetros de input y output

Parámetro	Formula	Donde
Horas de trabajo humano sobre hectáreas	$TH = \frac{\text{hortrabhum}}{\text{área}}$	<p>Hortrabhum: Número total de horas de trabajo humano invertidas.</p> <p>Área: Área del sistema de producción, en hectáreas. Entra en el cálculo de balance energético</p> <p>Gasto: Gasto del insumo, en su unidad de medida.</p> <p>Energía: Equivalente energético de la unidad del insumo, en megajoules.</p> <p>Producción: La producción, en su unidad de medida. Kg, Manojos, piezas etc.</p> <p>Factor: Factor de conversión a kilogramo.</p> <p>Proteína: por ciento de contenido de proteínas del producto.</p> <p>Prveget: por ciento de contenido de</p>
Energía insumida (Megajoules ha⁻¹)	$EI = \frac{\text{gasto} * \text{energía}}{\text{área}}$	
Rendimiento productivo (t ha⁻¹)	$RP = \frac{\frac{\text{producción} * \text{factor}}{\text{área}}}{100}$	
Energía producida (MJ ha⁻¹)	$EP = \frac{\text{producción} * \text{energía}}{\text{área}}$	
Proteína producida	$PP = \frac{\text{producción} * \text{factor} * \frac{\text{proteína}}{100}}{\text{área}}$	

(kg ha ⁻¹)		proteínas de origen vegetal del producto. Reqenerg : requerimiento energético anual de una persona promedio, en megajoules.
Proteína de origen vegetal producida (kg ha ⁻¹)	$PV = \frac{\text{producción} * \text{factor} * \frac{\text{prveg}}{100}}{\text{área}}$	Reqprot : requerimiento en proteínas anual de una persona promedio, en kilogramos. Producción: Producción del producto, en su unidad de medida. Reqprveg : requerimiento en proteínas de origen vegetal anual de una persona promedio, en kilogramos.
Personas que alimenta con energía (Personas ha ⁻¹)	$E = \frac{\frac{\text{producción} * \text{energía}}{\text{área}}}{\text{reqener}}$	Energtotalgast : Cantidad total de energía gastada, en megajoules. Prottotprod : Cantidad total de proteínas producidas, en kilogramos.
Personas que alimenta con proteínas (Personas ha ⁻¹)	$P = \frac{\frac{\text{producción} * \text{factor} * \frac{\text{proteína}}{100}}{\text{área}}}{\text{reqprot}}$	Hortrabhum : Número total de horas de trabajo humano invertidas. Energtotalprod : Cantidad total de energía producida, en megajoules. ortrabhum : Número total de horas de trabajo humano invertidas.
Personas con proteínas de origen vegetal (Personas ha ⁻¹)	$AP = \frac{\frac{\text{producción} * \text{factor} * \frac{\text{proteína}}{100}}{\text{área}}}{\text{reqprveg}}$	Prottotprod : Cantidad total de proteínas producidas, en kilogramos. Energprod : Cantidad total de energía producida, en megajoules. Energtotalgast : Cantidad total de energía gastada, en megajoules
Costo energético de la proteína (MJ kg ⁻¹)	$CEP = \frac{\text{enertotgast}}{\text{Prottotprod}}$	
Productividad energética del trabajo (h MJ ⁻¹)	$PET = \frac{\text{hortrabhum}}{\text{enertotprod}}$	
Productividad del		

trabajo (h kg ⁻¹)	$PPT = \frac{\text{hortrabh}}{\text{prottotprod}}$	
Balance energético	$BE = \frac{\text{enerprod}}{\text{energast}}$	

3.8 RESULTADOS

Las entradas de energía que se tienen en el sistema de agricultura convencional son por un lado las de origen natural, como el sol, la lluvia y el agua, por otro lado la entrada de energía mecánica que comprende el uso de aparatos eléctricos, maquinaria de uso agrícola, además la energía biológica por medio del trabajo humano, y por último el grupo de los insumos al cultivo (pesticidas de uso agrícola, fertilizantes y semillas, la energía producida en el sistema convencional está representada por los frutos de tomate) (Figura 1).

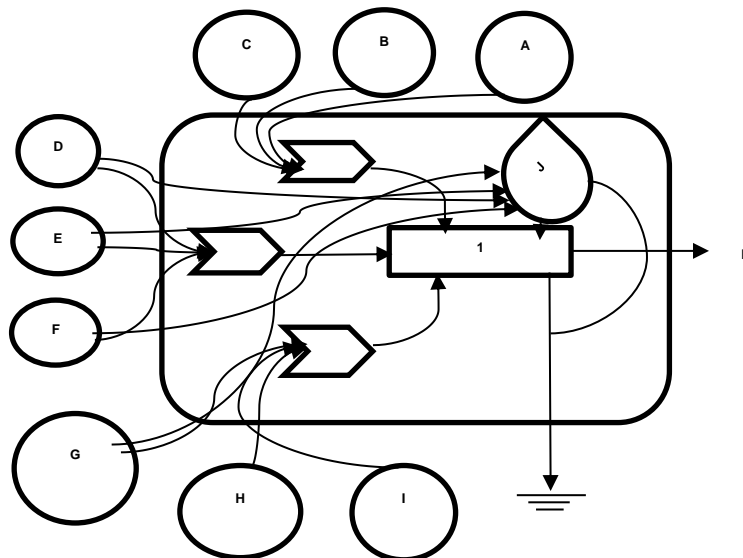


FIGURA 1 Esquema del sistema convencional de cultivo

a:trabajohumano b:maquinaria c:electricidad d:sol e: lluvia f:agua g:pesticida h: fertilizante i:semilla de tomate
j:suelo k:tomate(fruto)

En el sistema alternativo la energía ingresa por las fuentes de origen natural, como el sol, la lluvia y el agua, por otro lado la entrada de energía mecánica que comprende el uso de aparatos eléctricos, maquinaria de uso agrícola, el sistema también recibe energía biológica, que es el trabajo humano, y el por último son los insumos al cultivo (biopesticidas de uso agrícola, biofertilizantes además de semillas de diversas hortalizas) (Figura 2), una de las diferencias consiste en que la producción proteica es diversa debido a las diferentes hortalizas cosechadas.

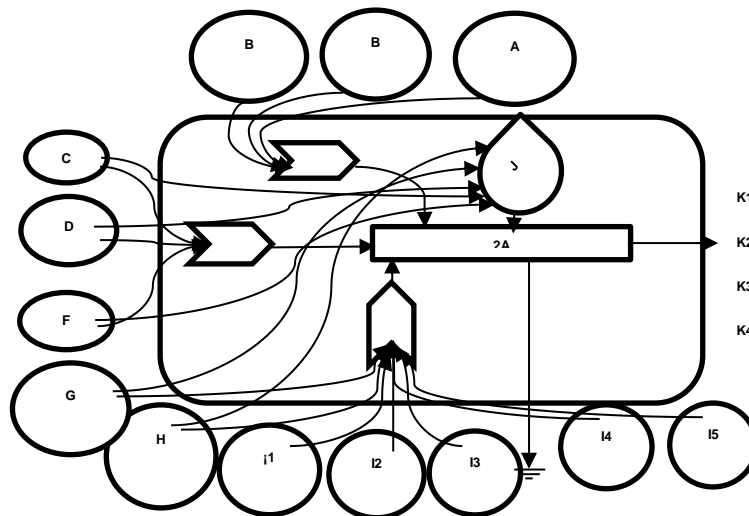


FIGURA 2 Esquema del sistema alternativo de cultivo

*a: trabajo humano b:maquinaria c:electricidad d:sol e: lluvia f:agua g:biopesticida h: fertilizante(orgánico) i:semilla de(1) chile verde, (2)calabaza (3)melón (4)rábano (5)cilantro j:suelo k:chile verde, calabaza, melón, rábano, cilantro (fruto)

Horas de trabajo humano sobre hectáreas

Las horas de trabajo humano insumidas en el sistema convencional y alternativo fueron variadas, destacando que en el sistema alternativo las horas de entrada fueron superiores con respecto a las del sistema convencional (Tabla 4). En este

punto es importante resaltar que el método de preparación del suelo en el sistema convencional comprende el uso de surcos y una profundidad de 20 cm. Por otro lado método de preparación del suelo para el sistema alternativo fue por camas de doble excavación que consiste en remover el suelo con una profundidad de hasta 60 cm, esto permite romper capas compactas en el suelo. Con esta acción el gasto de energía en el trabajo humano aumenta, aunque es realizada cada tres años, por lo tanto en el segundo ciclo de cultivo del sistema alternativo la energía se verá drásticamente reducida. Esto representa una ventaja sobre el sistema convencional que ciclo tras ciclo la preparación del suelo es una constante (Bárcenas, 2016).

Energía insumida (MJ ha^{-1})

La energía utilizada para la producción de biomasa en el sistema convencional, es menor comparada con la energía insumida en la producción de biomasa en el sistema alternativo (Tabla 4). Se puede observar que la energía insumida al sistema está relacionada con la fuerza de trabajo, en este sentido el sistema alternativo consume mayor cantidad de energía, es importante acotar que esto sucede por la forma de cultivar la tierra, en el primer sistema el suelo tiene una profundidad de desarrollo de la planta con 20 cm o menos y en el segundo sistema la tierra cuenta con 60 cm para el desarrollo de la planta. En el primer caso la tierra se cultiva cada ciclo y en el sistema alternativo, la tierra se cultiva cada 3 años (SEMARNAT, 2009).

Rendimiento productivo (ton ha^{-1})

El rendimiento productivo de las hortalizas del sistema convencional es menor, que el rendimiento productivo de las hortalizas del sistema alternativo (Tabla 4). Este rendimiento está directamente relacionado con la cantidad de biomasa cosechada en toneladas por hectárea, se observa que los rendimientos son muy similares, aunque la calidad de la proteína se ve reflejada por la variedad de productos cosechados, por un lado en el sistema convencional solo se cosecho tomate,

mientras que en el sistema alternativo se cosecho, chile, tomate, zanahoria, etc.

Lo que coincide con Osorio (2008), que menciona, “dos aspectos relevantes para alcanzar la sustentabilidad son la cantidad de alimentos de calidad que requiere la población y los bioproductos o fertilizantes orgánicos que se utilicen para combatir plagas o malezas, o mejorar dichos alimentos, destinados a cubrir las necesidades, tanto de los hombres como de los animales. Por tanto, conviene a la sociedad la búsqueda de alternativas agrícolas que mejoren la calidad de los alimentos, optimicen los costos de producción y mantengan en equilibrio el ecosistema, en la medida de lo posible. Por esto, el desarrollo de nuevas tecnologías transformadas en productos que sirvan al hombre y sean amigables con el medio ambiente”.

Energía producida (MJ ha⁻¹)

La energía producida en el método convencional es menor que la energía producida en el método alternativo en un invernadero de traspatio (Tabla 4). Esto responde a la una mayor producción de proteína por efecto de las características de las especies cultivadas.

La biomasa para producción de energía se obtiene de los restos de aprovechamientos forestales, de las industrias de la primera y segunda transformación de la madera, de los productos agrícolas y forestales, de los residuos de explotaciones ganaderas, de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, de cultivos implantados y explotados con el único objeto de la obtención de biomasa, los denominados cultivos energéticos, y, en general, de cualquier producto de origen orgánico susceptible de aprovechamiento energético (Garrido, 2012).

La actividad agropecuaria puede ser considerada como un proceso de conversión de energía, donde la energía solar, a través de la fotosíntesis, es transformada en alimentos para los seres humanos y forrajes para los animales (Denoia & Montico, 2010).

En este sentido la variedad de productos está directamente relacionada con la cantidad de energía producida.

TABLA 4 Resultados para horas de trabajo invertido por ha, energía insumida al sistema, rendimiento productivo y energía producida

Sistema	Unidad	* (h ha ⁻¹)	** (MJ ha ⁻¹)	*** (ton ha ⁻¹)	****(MJ ha ⁻¹)
*C1	A	4,666.67	10,748.20	4.3	3,600.00
*C2.	B	6,200.00	8,608.85	6.0	4,800.00
*C3.	C	4,880.00	5,523.40	3.4	3,880.00
**SA1	A	9,500.00	12,721.06	5.5	20,925.00
**SA2	B	6,166.67	8,211.06	4.4	11,536.67
**SA3	C	8,800.00	11,258.09	4.6	21,672.00

*Sistema convencional (1,2 y 3) **Sistema alternativo (1,2 y 3)

Proteína producida (kg ha⁻¹)

La proteína producida en el método convencional es menor que la proteína producida método alternativo en un invernadero de traspatio (Tabla 5).

La cantidad y calidad de proteína varía de acuerdo al producto, según Rozano *et al.* (2004), la calabaza aporta el 1%, la lechuga aporta 8.4%, pepino aporta 1.4%, la papa aporta 0.8%, el pimiento aporta 1%, el rábano 0.86%, tomate 1%, y la zanahoria el 2.5%, en este sentido se explica, la variedad de hortalizas cosechadas en el sistema alternativo aportan mayor cantidad de proteína que en el sistema convencional, que solo cosechó tomate.

Personas que alimenta con energía (Personas ha⁻¹)

El número de personas que puede alimentar con la energía producida en el método convencional es menor que en un ciclo cultivo por medio del método alternativo (Tabla 5). Es decir que en el sistema alternativo puede alimentar un mayor número de personas que adquieren el total de requerimiento de energía.

Los métodos de producción usados para producir los alimentos en los agronegocios, con monocultivos, maquinaria pesada, riego excesivo, plaguicidas y abonos químicos, semillas transgénicas, etc. están degradando rápidamente los mejores suelos del planeta, al provocar su compactación, salinización, esterilización, erosión y pérdida de biodiversidad funcional tanto dentro como sobre el suelo.

Personas alimentadas con proteínas de origen vegetal (Personas ha⁻¹)

El número de personas que puede alimentar con las proteínas de los vegetales producidos con el método convencional es menor que el método de cultivo alternativo (Tabla 5). Esto quiere decir que en el sistema alternativo debido a su variabilidad de especies tiene mayor capacidad de producción de proteínas y con mayor diversidad, para alimentar a un número superior de personas. En el caso del sistema convencional el aporte de proteína con el cultivo de tomate es del 1% y en el caso del sistema alternativo el chile verde tiene un aporte de proteína de hasta un 3% proteína, la calabaza hasta un 2.4% el cilantro 2.2%, zanahoria 2.1%. Una de las grandes virtudes de la agricultura familiar es la variabilidad de especies producidas y por lo tanto la calidad y cantidad de proteínas producidas. En la cuarta parte de tierras arables que manejan, esta agricultura de pequeña escala produce el 87% de toda la yuca, el 70% de los frijoles, el 46% del maíz, el 34% el arroz, el 58% de la leche, el 50% de las aves de corral, el 59% de porcino y el 30% de bovino, el 38% del café, entre otros muchos productos alimenticios (Via Campesina, 2011).

Costo energético de la proteína (MJ kg⁻¹)

El costo energético para producir proteínas en el sistema convencional es mayor con respecto al sistema alternativo (Tabla 5). Esto coincide como lo planteado por (Rondón *et al* , 2009) “La siembra fue la labor de mayor costo energético encarece el costo total, por los altos valores de consumos de las diferentes energías”,

TABLA 5 Resultados para la proteína producida, personas que se pueden alimentar por ha, personas que se pueden alimentar con proteína producida, costo energético de la proteína.

Sistema	Invernadero	Proteína producida (kg ha ⁻¹)	(MJ ha ⁻¹)	Costo energético (MJ kg ⁻¹)	(Personas ha ⁻¹)
*C1	A	41	0.842	262.15	1.6
*C2	B	54	1.122	159.42	2.1
*C3	C	38	0.907	146.89	1.4
**SA 1	A	501	4.892	25.39	19.6
**SA 2	B	233	2.697	35,23	9.1
**SA 3	C	549	5.066	20,48	21.5

*Sistema convencional (1,2 y 3) **Sistema alternativo (1,2 y 3)

Productividad energética del trabajo (h MJ⁻¹)

La cantidad de horas de trabajo para producir un MJ de energía en un sistema convencional de producción de hortalizas es mayor que en el método alternativo (Tabla 6), Lo que coincide con (Altieri & Nicholls, 2000) “Bajo condiciones de manejo intensivo, el tratamiento de “enfermedades” y nutrición de los cultivos requiere un incremento de los costos externos hasta tal punto que, en algunos sistemas agrícolas, la cantidad de energía invertida para producir un rendimiento deseado sobrepasa la energía cosechada”.

Productividad proteica del trabajo (h kg⁻¹)

La cantidad de horas de trabajo para producir un kilogramo de proteína en el

sistema convencional de producción de hortalizas tiene menor eficiencia con respecto a la productividad proteica en el sistema alternativo de cultivo (Tabla 6). Estos resultados coinciden con los reportados por (Guevara-Hernández *et al.*, 2015) donde menciona que el sistema de producción que combina la siembra de maíz-frijol, con el uso de semillas criollas, es eficiente energéticamente, con 1.12 Mcal producidas por cada Mcal consumidas, respecto al sistema de monocultivo de maíz, tanto de semilla criolla como mejorada.

El sistema maíz-frijol fue eficiente en la aportación de energía y proteína para la alimentación humana, al poder alimentar a 23 personas ha año⁻¹, seguido del sistema monocultivo con el uso de material mejorado y del sistema con material criollo. Mostrando que la combinación de cultivos es un factor determinante en la producción de proteína.

TABLA 6 Resultados para productividad energética del sistema, del trabajo y balance energético.

Sistema	Invernadero	* h MJ ⁻¹	** (h kg ⁻¹)	*** Balance energético
*C1	A	1 h 29 m	113	0.33
*C2	B	1 h 29 m	114	0.55
*C3	C	1 h 29 m	129	0.70
**SA 1	A	0 h 53 m	19	2.00
**SA 2	B	0 h 45 m	26	1.44
**SA 3	C	0 h 40 m	16	1.92

*Sistema convencional (1.2 y 3) **Sistema alternativo (1,2 y 3)

Balance energético

El balance energético obtenido del sistema convencional tiene menor eficiencia que el sistema de producción alternativo (Tabla 6), lo que coincide con Pishgar- *et al.* (2011), que menciona la eficiencia del uso de energía (relación de energía) en el cultivo de papa se calculó como 1.25 esto quiere decir que por cada MJ de entrada, se produjeron 1.25 MJ. A su vez, Khan *et al.* (2009), reporto que el índice de producción sobre la entrada de papa fue de 0.98. Por su parte, Pimentel *et al.* (2005) reportan que los datos obtenidos en los Estados Unidos y el Reino Unido, la

producción de energía relación energética en general es de 1.2 y 1.6. Respectivamente Pishgar-Komleh *et al.* (2011), mencionan que el tomate presenta un balance energético de 1, mientras que el algodón tiene una relación de 0.06, la remolacha azucarera de 1.53, por su parte Canakci & Akinci (2006), explican que la energía específica para cultivos de campo y producción de hortalizas en Turquía, tiene un balance de 5.24 para trigo, 11.24 para algodón, 3.88 para maíz, 16.21 para sésamo, 1.14 para tomate, 0.98 para melón y 0.97 para sandía. Esto coincide con los resultados presentados en este trabajo.

3.9 CONCLUSIONES

El sistema de producción que utiliza el sistema de doble excavación, la siembra cercan, además de combinar diferentes tipos de hortalizas, con el uso de semillas criollas, tiene una eficiencia energética promedio de 1.63 MJ producidos por cada MJ consumido, por otro lado el sistema de monocultivo de tomate, siembra en surcos y trabajo del suelo a 20 cm de profundidad, que tiene un promedio de 0.52 MJ producidos por cada MJ de entrada.

El sistema alternativo mantiene mayor eficiencia en la producción proteica ya que en promedio se utilizan 20 horas de trabajo humano para producir un kg de proteína, mientras el sistema convencional requiere 118 horas de trabajo para producir un kg de proteína.

En el caso de la producción de MJ, el sistema alternativo también presenta mayor eficiencia pues apenas se utiliza un promedio de 52 minutos para generar un MJ de energía, mientras que en el sistema convencional se requiere una hora con veintitrés minutos para producir un MJ de energía.

En el caso de las personas que se pueden alimentar por ha⁻¹ en el consumo proteico, el sistema alternativo tiene mayor eficiencia pues puede alimentar un promedio de 16 personas por ha⁻¹, mientras que en el sistema convencional en promedio apenas puede alimentar a 1.7 personas por ha⁻¹, siendo más efectivo el sistema alternativo.

En el caso de las personas que se pueden alimentar por ha⁻¹ específicamente en el

consumo de energía, el sistema alternativo de igual manera tiene mayor eficiencia pues puede alimentar un promedio de mientras que en el convencional apenas se pueden alimentar 0.95 personas por ha^{-1} .

En el tema del rendimiento productivo no hay diferencia significativa pues para el sistema convencional el rendimiento fue de 4.5 t ha^{-1} , mientras que para el sistema alternativo fue de 4.8 t ha^{-1} .

Para la energía insumida y tomando en cuentas, las herramientas, los insumos y el trabajo humano en el sistema convencional ingresaron 8,293 MJ, mientras que en sistema alternativo el ingreso de energía fue de 10,730 MJ. En términos generales el más eficiente en este sentido fue el sistema convencional, pero vale la pena aclarar que se utilizó mayor trabajo humano, en el sistema de doble excavación, con ventaja que después del ciclo evaluado, puede utilizarse hasta 3 ciclos sin remover la tierra.

En el caso de las horas de trabajo humano, el sistema alternativo utilizó 8,155 horas, por el otro lado el sistema convencional, 5,248 horas de trabajo humano, mostrando mayor eficiente en este rubro el sistema convencional. Es muy importante mencionar que en el siguiente ciclo las horas de trabajo humano se verían reducidas pues gracias al sistema de doble excavación, la tierra se remueve de manera profunda cada tres ciclos de cultivo.

El sistema de producción convencional con el uso de monocultivos, resultó ser el menos eficiente desde el punto de vista energético debido a la menor producción de proteína producida.

Los conceptos de costos energéticos, que mayor afectan los sistemas de producción de hortalizas en sistemas de agricultura familiar bajo condiciones de invernadero en las zonas semi desérticas son los insumos agroquímicos y excesivo consumo de mano de obra, por otro lado también afecta el sistema de monocultivo que no permite mejorar las condiciones del suelo y afecta en el abono proteico de las familias.

3.10 BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, L. A., y Rodríguez, M. S. (2006). En busca de la agricultura familiar en América Latina, *Santiago*.
- Altieri, M., & Nicholls, C. I. (2000). Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable. *Agroecología: Teoría y Práctica Para Una Agricultura Sustentable*, 1, 250.
- Bárceñas, M. L. (2016). Manual de producción biointensivas con principios agroecológicos , como herramienta de seguridad alimentaria Elaborado por : M . Sc . Jorge Luís Rostrán Molina Ing , Jaser Antonio Prado Rodríguez.
- Canakci, M., & Akinci, I. (2006). Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. *Energy*, 31(8–9), 1243–1256. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2005.05.021>
- Denoia, J., & Montico, S. (2010). Balance de energía en cultivos hortícolas a campo en Rosario (Santa Fe, Argentina). *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 145–157.
- Duch Gary, J. (1998). Tipologías empíricas de productores agrícolas y tipos ideales en el estudio de la agricultura regional. *Revista de Geografía Agrícola*, 57, 27–38. Retrieved from <http://www.chapingo.mx/revistas/phpscript/download.php?file=completo&id=MjUzMA==>
- Francis, C. A., Lieblein, G., Gliessman, S. R., Breland, T. a, Creamer, N., Harwood, R. R., ... Poincelot, R. (2003). Agroecology: The ecology of food systems. *Journal of Sustainable Agriculture*, 22(3), 99–118. <https://doi.org/10.1300/J064v22n03>
- Funes-Monzonte, F. R. (2009). Eficiencia energética en sistemas agropecuarios. Elementos teóricos y prácticos para el cálculo y análisis integrado. *Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales*, 38. Retrieved from http://www.actaf.co.cu/index.php?option=com_mtree&task=att_download&link_id=682&cf_id=24
- Garrido, S. G. (2012). Centrales Termoelectricas De Biomasa, 275.
- Guevara-Hernández, F., Rodríguez-Larramendi, L. A., Hernández-Ramos, M. A., Fonseca Flores, M. de los Á., Pinto Ruíz, R., y Reyes Muro, L. (2015). Eficiencia energética y económica del cultivo de maíz en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera “ La Sepultura ”, Chiapas , México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6, 1929–1941.
- Khan, M. A., Awan, I. U., & Zafar, J. (2009). Energy requirement and economic analysis of rice production in western part of Pakistan. *Soil & Environment*, 28(1), 60–67.

- López, B. C. (2001). Una visión sobre la agricultura sustentable en los países desarrollados. Retrieved from [http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/773450001A0F9C9606256B8100730D1C/\\$file/Agricultura+sustentable.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/773450001A0F9C9606256B8100730D1C/$file/Agricultura+sustentable.pdf)
- OCDE. (2015). Revisión de la OCDE de las políticas Agrícolas: Colombia 2015. *Revisiones Sobre Políticas Agrícolas*, 27.
- Osorio, G. (2008). Agricultura sustentable Una alternativa de alto rendimiento. *Ciencia UANL*, 11(1), 77–81. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292011000300001>
- Pelino, I. V. D. Di. (2009). La energía, 18. Retrieved from <http://www.iae.org.ar/la-energia.pdf>
- Pimentel, D., y Pimentel, M. (2005). El uso de la energía en la agricultura, una visión general. *LEISA Revisa de Agroecología*, 5–7. Retrieved from <https://www.agro.uba.ar/users/martinez/Pimentel.pdf>
- Pishgar-Komleh, S. H., Sefeedpari, P., & Rafiee, S. (2011). Energy and economic analysis of rice production under different farm levels in Guilan province of Iran. *Energy*, 36(10), 5824–5831. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.08.044>
- Rondón, P., Caballero, M., Gómez, S., y Ferro, A. (2009). Costos energéticos y de explotación del cultivo del arroz en fangueo directo Energy and operational costs for rice cultivation in a muddy soil. *Sierra*.
- Rozano, V., Quiróz, C., Acosta, J., Pimentel, L., y Quiñones, E. (2004). Hortalizas, las llaves de la energía. *Revista Digital Universitaria*, 5(1067–6079), 1–30. <https://doi.org/ISSN:1067-6079>
- Salgado Sánchez, R. (2015). Agricultura sustentable y sus posibilidades en relación con consumidores urbanos Sustainable agriculture and possibilities in relation to urban consumers. *Enero-Junio*. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/estsoc/v23n45/v23n45a5.pdf>
- SEMARNAT. (2009). *El huerto familiar biointensivo. El huerto familiar*.
- Severe, R., y Vera O, M. B. (2014). Caracterización de la agricultura familiar campesina, comuna de Cayes-Jacmel, Haití. *Idesia (Arica)*, 32(3), 65–74. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292014000300009>
- Sullivan, P. (2001). Holistic Management a Whole-Farm Decision Making Framework. *ATTRA Sustainable Agriculture Information Centre Fact Sheet*, 12. Retrieved from <https://attra.ncat.org/attra-pub/summaries/summary.php?pub=296>
- Via Campesina. (2011). La agricultura campesina sostenible puede alimentar al mundo La agricultura campesina sostenible puede alimentar al mundo.

Venegas, R., y Siau, G. (1994). Conceptos, principios y fundamentos para el diseño de sistemas sustentables de producción. Agroecología y Desarrollo

4 EVALUACION ECONÓMICO-SOCIAL DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA Y AGRICULTURA FAMILIAR

Socio-economic evaluation of a rainwater catchment system and family farming

4.1 RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar Tecnologías Apropriadas en materia de agua para uso doméstico, consumo humano y agricultura de traspatio, en la comunidad San Juanico Chico municipio de San Luis Potosí.

La metodología que se utilizó fue la evaluación financiera, implica un análisis de preinversión; es decir, la rentabilidad del dinero invertido. “Para cuantificar la ganancia se utilizan indicadores de rentabilidad como Valor actual Neto Social (VANS), Tasa Interna de Retorno Social (TIRS) y relación Beneficio-Costo (B/C), tiempo de recuperación de la inversión.

Como resultado se obtuvo que de los sistemas evaluados, el sistema de conducción de agua es el que presenta la tasa B/C más alta, con 1.50, seguida del SCALL 1.24 y el sistema de abastecimiento con auto tanques con apenas 0.60. En el primer sistema se recupera la inversión en 2 y medio años, en el segundo a los 3 años y medio, y en tercero no se recupera la inversión.

Palabras clave: Agua, económico-social, agricultura familiar, beneficio-costos.

4.2 ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate appropriate technologies in the field of water for domestic use, human consumption and transfer agriculture, in the San Juanico Chico community municipality of San Luis Potosí.

The methodology used was the financial evaluation, it implies a preinvestment analysis; that is, the profitability of the money invested. "To quantify the benefit, profitability indicators are needed, such as the Net Present Social Value (VANS), the Internal Social Return Rate (IRR) and the Benefit-Cost ratio (B / C), the recovery time of the investment.

As a result, it was obtained that of the systems evaluated, the water conduction system is the one with the highest B / C rate, with 1.50, followed by SCALL 1.24 and the supply system with auto tanks with just 0.60. In the first system the investment is recovered in 2 and a half years, in the second at 3 and a half years, and in the third the investment is not recovered.

Keywords: water, economic-social, family farming, cost-benefit.

4.3 INTRODUCCIÓN

La población mundial se incrementa rápidamente, según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), está previsto que sean más de 8 500 millones de personas para el año 2030 (ONU, 2015), lo que ocasionará un aumento importante en la presión sobre los recursos hídricos.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2015), actualmente en el mundo, hay más de 663 millones de personas que no cuentan con acceso a una fuente mejorada de agua potable, mientras que a 2 400 millones de personas les hace falta saneamiento mejorado.

En México, la cobertura nacional de acceso al agua entubada es de 97.8% para zonas urbana y 87.0% en zonas rurales, en tanto que la cobertura nacional de alcantarillado a red pública o fosa séptica es del 96.6% y 74.2% respectivamente (CONAGUA, 2016).

En el estado de San Luis Potosí para el 2015, de cada 100 ocupantes de las viviendas:

- 89 cuentan con agua entubada; de ellos 71% la tiene dentro de la vivienda.
- 11 ocupantes disponen de agua por acarreo, principalmente de un pozo.
- 86 cuentan con drenaje en sus viviendas; de ellos, 71% cuenta con desalojo a la red pública (INEGI, 2016).

Los impactos de la escasez y contaminación del agua afectan a grandes sectores de la población, pero inciden de manera desproporcionada en los sectores más vulnerables. La relación agua-pobreza es de mayor importancia desde el punto de vista de salud pública y equidad social. (Guevara, *et al.*, 2010)

Muchos de los habitantes con recursos limitados se concentran en las zonas periurbanas considerando a estas como una zona transitoria entre lo urbano y lo rural, de predominio urbano donde además del uso doméstico, emplean el agua para

la agricultura, practicando la agricultura periurbana como medio de subsistencia (Hernández, 2016).

Ante esta situación y con el propósito de contribuir al problema de acceso al agua, se han desarrollado diversas tecnologías denominadas tecnologías apropiadas (TA) para dar solución a los problemas hídricos de las comunidades vulnerables, que se basan principalmente en la captación y almacenamiento de agua para uso doméstico, consumo humano y uso productivo; y en el tratamiento de aguas grises y negras que ayudan a evitar el deterioro de las condiciones medioambientales, con soluciones sostenibles y aceptadas por los usuarios.

El caso de estudio se sitúa en la comunidad periurbana San Juanico Chico perteneciente al municipio de San Luis Potosí, México, donde el 100% de sus habitantes no cuenta con agua entubada ni drenaje sanitario en sus viviendas.

En esta comunidad, la falta de organización y los conflictos entre particulares afectan el abastecimiento de agua que se realizaba por medio de un pozo profundo, lo que ocasiono limitar el acceso colectivo de agua; actualmente el abasto es por auto tanques (Pérez, 2018).

Con el fin minimizar los efectos adversos producidos por la escasez de agua en San Juanico Chico se implementaron dos Tecnologías Apropiadas en materia de agua y producción de alimentos que son: A) Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) B) Invernadero de traspatio para producción de hortalizas.

Para conocer la viabilidad del sistema más allá de los factores técnicos se realizó un análisis económico cuya importancia radica en evaluar la rentabilidad de tres sistemas distintos para el abastecimiento de agua (SCALL, abastecimiento de red de conducción de agua y auto tanques) con invernadero en una comunidad conurbada de la capital potosina. Por lo tanto el objetivo de esta investigación fue evaluar las tecnologías apropiadas con parámetros socioeconómicos.

Importancia de las zonas periurbanas

Ives & Kendal (2013) señalan que el paisaje periurbano, es la región de las ciudades definidas espacial y funcionalmente por su relación íntima con las áreas metropolitanas urbanas cercanas y el interior rural; son zonas de transición que experimentan desplazamientos proporcionales al crecimiento de la ciudad, es decir, son zonas principalmente rurales que poco a poco se van urbanizando.

El proceso de la periurbanización se desarrolla sobre un territorio en el que avanza la urbanización y permanecen la producción de vegetales, la cría de ganado y el uso de la naturaleza para el desarrollo de actividades del ocio. De esta manera la periurbanización es una disputa por un espacio, entre los habitantes de dos ámbitos territoriales diferentes, el rural y el urbano; ambos poseen inicialmente, formas distintas de vivir, de producir, de pensar, es decir, formas diferentes de aprehender el espacio que ocupan (Ávila, 2004).

Hernández-Flores *et al.* (2009), menciona que bajo las condiciones actuales parecería más propicio aludir el desplazamiento de las zonas periurbanas en México a procesos derivados de la concentración económica, la crisis del sector agrícola, el crecimiento demográfico, la migración hacia los centros urbanos, el encarecimiento y nulo acceso al suelo urbano, la irregularidad de la tierra y la pobreza como factores explicativos del fenómeno periurbano en México.

En el espacio periurbano de México se tiene gran diversidad en lo que se refiere a expresiones en cada región; existen barrios de población de altos ingresos colindando con zonas marginales, muy pobres, desde las viviendas que se erigen con materiales de desecho, hasta las construcciones que cumplen con las formalidades arquitectónicas mínimas; al mismo tiempo coexisten las actividades informales, con las prácticas agrícolas (Ávila, 2001).

Existen algunos beneficios de las zonas periurbanas entre los que destacan: la regulación climática, biodiversidad y servicios a los sistemas sociales y económicos entre los que se encuentran: la localización del mercado, distribución de la

producción local y regional de alimentos, y servicios para la producción agrícola (Bisogni *et al.* 2017). Además, se practica la agricultura familiar para la producción de alimentos de autoconsumo o bien para integrarse a los mercados productivos, a su vez ayuda a contener la expansión urbana y asegurar la protección de los suelos fértiles de la agricultura.

La agricultura periurbana en la actualidad

Según la FAO (2003) la agricultura urbana y periurbana puede garantizar el suministro de alimentos en las mismas y fortalecer los medios de subsistencia de los productores urbanos. Suministra a los mercados urbanos una amplia gama de productos, que debido a la cercanía con la ciudad los costos por almacenamiento y transporte se reducen.

En la práctica agrícola se manifiesta claramente un conflicto que en distintos ámbitos genera el contacto de lo rural con lo urbano. Este conflicto responde a modos de funcionamiento diferente, en los que tanto el sistema rural como el urbano buscan mantenerse activos. Se desarrolla una nueva coherencia en la que si bien está presente la agricultura, la lógica de operación urbana mantiene la dominancia, con la tendencia permanente a avanzar sobre el espacio rural. Así, todo territorio no urbanizado y contiguo a la ciudad se convierte en objeto potencial de anexión, que interesa sólo por su valor urbanístico. De ahí el carácter marginal que se le da a la agricultura en las zonas periurbanas: no está desligada totalmente del espacio rural, pero tienen una dependencia muy grande respecto del sistema urbano; por ello se considera que, en los espacios agrícolas sujetos a una fuerte presión urbana, la agricultura no mejora, sino que se mantiene al margen (Ávila, 2004).

Algunos beneficios de la agricultura urbana y periurbana son: ayuda en una pequeña escala en el reciclaje de aguas residuales debido al uso en el riego; suministro de hortalizas de hoja percedera más comunes debido al tiempo de comercialización corto, oportunidades de empleo urbano, mitigación de inundaciones y puede usarse

como un medio para controlar el crecimiento urbano. El restablecimiento de áreas agrícolas abandonadas siempre que todavía haya algún vestigio de estructura agrícola (edificios, muros de piedra seca, riego tradicional, etc.) puede ser útil para prevenir la degradación ambiental (Russo *et al.* 2014).

Los principales retos que se presentan son: acceso al agua y la tierra; medio ambiente contaminado por la industria y actividades domésticas; limitación de su impacto negativo en el medio ambiente; falta de políticas en las ciudades para ayudar a regular la agricultura urbana; y falta de conocimiento de tecnología existente.

Además la expansión urbana continúa tomando tierras agrícolas para convertirlas en un entorno de construcción, otra parte se convierte en área de conservación de la naturaleza (Dieleman, 2017).

La práctica de la agricultura periurbana requiere que el sector agrícola sea más capacitado y mirar de cerca sus necesidades, es necesario crear conciencia entre las autoridades de su importancia debido a razones sociales, sanitarias y de gestión de la tierra.

Los sistemas de captación de agua de lluvia

El aprovechamiento de agua de lluvia es un sistema muy antiguo, pero olvidado por muchos años. Los primeros intentos relevantes de captación o cosecha de aguas datan de 4000 años o más, en el desierto de Negev, en Israel y Jordania, estos sistemas consistían en el desmonte de lomeríos para aumentar la escorrentía superficial, que era entonces dirigida a predios agrícolas en las zonas más bajas (Ballen *et al.*, 2006). Los sistemas de captación de agua de lluvia tienen mayor auge, para uso doméstico, consumo humano, uso agropecuario, o bien para infiltración al subsuelo y recarga de acuíferos.

En algunas zonas rurales de África (Túnez, Burkina, Zambia y Etiopía) se implementó el programa “captación de agua de lluvia para la agricultura en África” WAHARA por sus siglas en inglés (Water Harvesting for Rainfed Africa), para desarrollar soluciones aplicables a todo el continente. Los resultados obtenidos establecieron que la captación de agua de lluvia es un sistema funcional para la agricultura en África, si se evalúan los ajustes a las condiciones locales además de los recursos limitados a los que se va enfrenta la población (Hessel *et al.*, 2016).

En el sur de Asia seis países en desarrollo implementaron sistemas de captación de lluvia (Bangladesh, India, Pakistán, Nepal, Bhután y Sri Lanka), los resultados demostraron que los hogares en el noreste de la India pueden satisfacer la demanda de agua potable durante todo el año utilizando un embalse de 4 m³. Un embalse de 8 m³ puede satisfacer la demanda de agua potable en la mayor parte del sur de Asia. Sin embargo, la mayoría de las regiones de Pakistán, el norte y el oeste de la India no son favorables a la lluvia (Mahmood & Hossain, 2017).

Por su parte Australia encabeza a nivel mundial, el desarrollo de los sistemas de captación, acumulación, y uso de las aguas de lluvia, a través de políticas de aprovechamiento, conjunta con incentivos tributarios y consciencia ambiental. Estados Unidos, China, Japón, Indonesia, Alemania, España, Francia, Nigeria, Zambia, Kenia, y Sudáfrica también han logrado experiencias exitosas relacionadas a la normativa exclusiva del uso de esta práctica (Carrasco, 2016).

En México la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) a partir del año 2016, ofrece el Programa Nacional para Captación de Agua de Lluvia y Ecotecnias en Zonas Rurales (PROCAPTAR), en el que financia proyectos de recolección de agua de lluvia en zonas rurales marginadas con lluvias anuales acumuladas iguales o mayores a 1,500 mm, teniendo como premisa adicional la instalación en paralelo de un sistema de tratamiento de aguas residuales a nivel vivienda (CONAGUA, 2017).

Análisis de proyectos sociales

Los proyectos sociales son una herramienta que permite inducir un cambio a partir de las iniciativas de los actores que interactúan en un territorio o sector específico. La transformación social vía proyectos implica una gestión local que construye nuevas estructuras de oportunidades y mayores espacios de libertad para los habitantes, creando así un entorno favorable para el despliegue del potencial de los territorios. Se trata, pues, de revertir situaciones desventajosas que impiden el desarrollo local, el cual se conceptualiza como la capacidad endógena de crear bienestar económico y social. La evidencia sobre los efectos de un proyecto en términos de generación de bienestar social, crecimiento, desarrollo o combate a la pobreza rural, que resultarán fundamentales en las estrategias posteriores de mejoramiento de los programas y proyectos. Asimismo, brindará mayor certeza a los beneficiarios sobre la importancia de éstos, además de otorgar legitimidad a los gestores y políticos que fomentan este tipo de iniciativas. En este contexto, y como parte integral de la formulación de proyectos, el ejercicio de la evaluación es un proceso permanente de apreciación y cálculo del valor agregado del proyecto a una comunidad o territorio. Es decir, se trata de estimar los conocimientos, aptitudes y rendimientos que detonó el proyecto. Por eso es una actividad permanente y transversal, que permitirá valorar su eficiencia, calidad, economía y eficacia, entre otros aspectos de interés en la evaluación.

Conflictos y problemáticas sociales del abastecimiento de agua

En términos generales, un conflicto es una clase de relación social cuyos participantes persiguen objetivos incompatibles entre sí. En el caso del agua, esas pretensiones contrarias se vinculan con su aprovechamiento real o potencial. Un conflicto por el agua involucra generalmente escenarios de escasez en los cuales la asignación para determinados usos y usuarios implica la insuficiencia para satisfacer otros, pero también se refiere a los casos de exceso de agua que originan

controversias sobre quién debe ser el sujeto receptor del sobrante y soportar los daños en caso de que hubiere (Liber & Justo, 2015).

La calidad del agua también es motivo para los conflictos, la contaminación de las aguas puede generar perjuicios productivos, económicos, ambientales y sanitarios a ciertos sectores por ello este componente se encuentra en el centro de la escena en una gran medida de casos. La colisión entre los derechos extractivos sobre el agua y los permisos de vertido de desechos en el mismo cuerpo se convierte en un problema propio de la calidad. Por último, la disponibilidad temporal del agua da lugar a controversias, en especial cuando se enfrentan usos consuntivos (por ejemplo, el riego) con otros que –aunque no necesariamente implican consumo de recurso- limitan la accesibilidad de terceros en determinados momentos (como a generación hidroeléctrica cuando depende del almacenamiento para asignar el caudal en el tiempo (Martín y Bautista Justo, 2015).

Un conflicto tiene diferentes magnitudes, el número de conflictos por el agua de baja y mediana intensidad aumente considerablemente, al igual que su impacto.

En zonas periurbanas y rurales los usuarios se organizan por medio de “comités de usuarios”, de esta manera la administración en turno es responsable de la distribución del agua, del mantenimiento a la infraestructura, así como de conciliar los conflictos con respecto al agua.

Las diferencias sociales que ya no pueden ser manejadas por los comités de usuarios generan conflictos no necesariamente asociados a la escasez del recurso hídrico sino más bien a su mala planeación y gestión llegando a tardarse años en resolverse, el acceso al agua se ve afectado por conflictos dentro de las estructuras sociales.

4.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Características del sitio de estudio.

La comunidad periurbana San Juanico Chico está ubicada en la porción norte de la periferia de la ciudad de San Luis Potosí, en el estado del mismo nombre, México. Según INEGI para el 2010 contaba con una población de 292 habitantes, su grado de marginación es alto y se considera de ámbito rural. Se encuentra en las siguientes coordenadas: longitud: 100° 59' 44", latitud: 22° 14' 24" y una altitud de 1861 msnm. El clima se clasifica como seco templado y semifrío muy seco, con una temperatura media anual de 18°. Se caracteriza por su baja precipitación y variación de temperatura, que propicia un alto índice de aridez, por lo que la vegetación que se desarrolla, tiene adaptaciones morfológicas para soportar largos periodos de sequía, como los denominados matorrales xerófilos y el matorral desértico micrófilo. La agricultura presente es de temporal en su mayoría, por lo que la producción depende de las condiciones climáticas.

En la comunidad, anterior a la evaluación, el suministro de agua se realizaba por una red de abastecimiento y mediante un pozo profundo se alimentaban las tres comunidades San Juanico Chico (en estudio) y las aledañas, San Juanico el Grande y El Garambullal, el porcentaje de viviendas particulares sin agua entubada en San Juanico Chico era del 23.53%. De acuerdo a la información previa, hace 15 años hubo una escasez total de agua que afectó a estas comunidades, razón por la que buscó apoyo gubernamental que al hacer los estudios correspondientes y posteriormente la perforación de un pozo profundo. Sin embargo, los habitantes quedaron inconformes con esta solución, dado que dejaron sin agua a las casas ubicadas en las zonas más altas. Lo anterior en conjunto de los problemas de organización entre las comunidades, derivó en una falta de abastecimiento total de agua a la comunidad de San Juanico Chico.

A pesar de la escasez de agua, algunas familias practicaban la agricultura de traspatio o familiar en invernaderos de baja tecnología que el gobierno había apoyado. Estos, tampoco contaban con abastecimiento de agua por lo que las

familias adquirirían el agua mediante auto tanques para usos domésticos y en parte, en el riego de los cultivos. El costo mensual era de \$40 USD por cada auto tanque.

Evaluación financiera.

La evaluación financiera en términos sociales, requiere de un análisis de pre inversión; es decir, la rentabilidad del dinero invertido. Para cuantificar la ganancia se utilizan indicadores de rentabilidad como Valor Actual Neto Social (VANS), Tasa Interna de Retorno Social (TIRS) y relación Beneficio-Costo (B/C), Tiempo de Recuperación de la Inversión (TRI), entre otros (Medina, 2007). Este tipo de evaluación tiene lugar para identificar y valorar los costos y los beneficios de un proyecto o programa social para compararlos y decidir la conveniencia de su ejecución. Los costos e ingresos sumados a la programación de la producción para la actividad (la escala de la operación) determinan la rentabilidad de las actividades generadoras de ingreso, así como, la necesidad de contar con subsidios o con tasas cubiertas por los usuarios, en el caso de los proyectos no dirigidos a la generación de ingresos. Un paso inicial importante es verificar y clasificar los costos. Las previsiones iniciales acerca de los costos de los distintos componentes de la inversión se deben revisar; además, los costos de la inversión, de la operación y los gastos generales, requieren cada uno un tratamiento diferente. El VANS que estima razonablemente el valor monetario de los beneficios y costos para la sociedad, atribuibles al proyecto. Los beneficios y los costos del proyecto se distribuirán de manera no uniforme a través del tiempo en forma de flujos monetarios, por lo que es necesario convertir valores futuros en valores presentes equivalentes, descontando esos flujos con una tasa de descuento, la que se denomina Tasa Social de Descuento (TSD). Así;

$$VANS = -I_0 \sum_{t=1}^n \frac{BNS_t}{(1+r^*)^t}$$

Dónde: *VANS*: Valor Actual Neto Social; *I_o*: Inversión Inicial; *BNS*: Beneficio Neto Social en el periodo *t*, beneficios directos y complementarios; *n*: Horizonte de evaluación; *r*: Tasa Social de Descuento.

La *TIRS* que mide la rentabilidad promedio de un proyecto, suponiendo que los flujos se reinvierten en el mismo proyecto a una tasa constante. La *TIRS* corresponde a la tasa que hace el *VANS* igual a cero, entonces;

$$I_o + \sum_{t=1}^n \frac{BNS_t}{(1 + TIRS)^t} = 0$$

Dónde: *TIRS*: Tasa Interna de Retorno Social; *I_o*: Inversión Inicial *BNS_t*: Beneficio Neto Social en el periodo *t*, beneficios directos y complementarios; *n*: Horizonte de evaluación.

La relación B/C en su aplicación requiere la misma información y cálculos elaborados para estimar el *VANS*, estableciendo un coeficiente entre beneficios sociales actualizados y costos sociales actualizados. Si el coeficiente resultante es mayor que la unidad significará que el *VANS* correspondiente es positivo y si el coeficiente es menor que la unidad el *VANS* será negativa. En consecuencia, la regla de decisión, consistente con el criterio del *VANS*, es que un proyecto será recomendable (socialmente rentable) si el coeficiente o relación Beneficio-Costo es mayor que la unidad, en caso contrario el proyecto no será recomendable porque no tiene rentabilidad social positiva.

4.5 RESULTADOS

Para entender el contexto de la realidad de las condiciones de escasez hídrica de la comunidad periurbana de San Juanico Chico, es importante mencionar que el costo por abastecimiento de agua por medio de auto tanques asciende a \$400 USD

anuales, además de \$80 USD entre el mantenimiento y costos de operación del invernadero de traspatio 120 m² donde se producen diferentes tipos de hortalizas, por lo tanto, el costo anual aproximado es de \$480 USD. En este trabajo se realizó una comparativa entre la relación beneficio costo de la situación actual, y dos formas de abastecimiento de agua alternativas al suministro por auto tanques, por un lado, el suministro por medio de pozo de agua, y por el otro un sistema de colecta de agua de lluvia (SCALL) con abastecimiento complementario a través de auto tanques. El primer sistema es una red de abastecimiento de agua profunda que la comunidad administraba hasta hace algunos años, y que por problemas de índole social dejó de funcionar, y en el supuesto de que esos problemas se resuelvan el costo de inicio de operaciones del pozo de abastecimiento sería de \$36,710 USD, que incluye el equipo y material necesario para el funcionamiento, mismo que sería absorbido por 68 familias de la comunidad, que aportarían \$540 USD por familia, además se contempla un gasto aproximado de \$90 USD anuales por concepto por gastos de conducción y \$80 USD de mantenimiento e insumos del invernadero. Por otro lado, está el sistema de captación de agua de lluvia, con una inversión inicial de \$865.50 USD que incluye línea de conducción y cisterna de almacenamiento, con un costo anual de \$100 USD (25% del total del sistema de abastecimiento por auto tanque) y un total de \$60 USD por concepto de insumos del invernadero.

Flujo de ingresos y costos

En los tres sistemas que se evaluaron tienen diferentes flujos de efectivo de acuerdo a la naturaleza de la inversión inicial, mantenimiento y gastos de operación que se generan, en el primer caso (Tabla 7(A)) hay una inversión inicial de \$200 USD. Se contempla una inversión al año 5 y año 10 por concepto de mantenimiento al sistema de almacenamiento, en cuanto a los gastos anuales se considera el 100% de las necesidades hídricas y que son adquiridas por auto tanques, con un total mensual de \$33 USD. En el segundo caso (Tabla 7(B)) la inversión inicial se estima en \$ 540 USD de acuerdo a las condiciones actuales de la red inhabilitada, también se

contempla una inversión al año 5 y año 10 de mantenimiento a la bomba y a la red de distribución, en cuanto a los gastos anuales se considera una cuota mensual de aproximadamente de \$7.50 USD. En el tercer caso (Tabla 7(C)) la inversión inicial se estima de acuerdo a la adquisición de material y equipo en la implementación del SCALL de \$865 USD, además se contempla una inversión al año 5 y año 10 de mantenimiento de los sistemas de conducción y sistema de almacenamiento, en cuanto a los gastos anuales se considera el 25% de las necesidades hídricas y que son adquiridas por auto tanques, con un total mensual de \$8.30 USD. En los tres casos se considera el valor total de la producción del invernadero por año que asciende a \$350 USD, a razón que una parte es para autoconsumo y otra se comercializa.

TABLA 7 Flujo de costos e ingresos (USD)

A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión total	200					50					50
Gastos anuales		400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Total costos		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Egresos	200	480	480	480	480	530	480	480	480	480	530
Ingresos		350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
B											
Inversión total	540					150					150
Gastos anuales		90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Total costos		80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Egresos	540	170	170	170	170	320	170	170	170	170	320
Ingresos		350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
C											
Inversión total	865					125.00					125

Gastos anuales		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Total costos		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Egresos	865	160	160	160	160	285	160	160	160	160	285
Ingresos		350	350	350	350	350	350	350	350	350	350

A) Suministro por medio de pozo de agua B) Combinado de auto tanques y el sistema de colecta de agua de lluvia C) Auto tanques

Valor Actual Neto Social

Para determinar el VANS se tomó una tasa de descuento del 10% y una proyección a 10 años (Tabla 8), para el sistema de conducción se obtuvo un VANS de \$415.20 USD, para el sistema de colecta de agua de lluvia el VANS fue de \$176.13 USD, y para el sistema de abastecimiento por auto tanque fue de -\$649.11 USD, en los dos primeros casos este indicador es positivo, revelando que el empleo de esta tecnología aporta bienestar por encima de la tasa exigida, coincidiendo con lo mencionado por Mete (2014); un VANS mayor a 0 indica que el proyecto arroja un beneficio aún después de cubrir las expectativas. En el tercer caso el indicador es negativo mostrando que la inversión no tiene posibilidad de generar un bien.

Tasa Interna de Retorno Social

Para determinar TIRS se estableció el total de la inversión inicial, beneficios sociales netos totales en el periodo de tiempo evaluado y beneficios directos y complementarios (Tabla 8), el sistema de conducción obtuvo una TIRS del 27%, para el SCALL la TIRS fue del 15%, y para el sistema de abastecimiento por auto tanque la TIRS fue menor a cero. Se puede interpretar que mientras la TIRS sea positiva, el sistema analizado devuelve el capital invertido más una ganancia adicional, lo que sucede en el caso de la conducción y el SCALL, demostrando que ambos sistemas son rentables; cuando la TIRS es menor a cero, lo cual sucede en el sistema de abastecimiento por medio de auto tanques, el medio analizado está perdiendo parte del capital invertido, en este caso, la rentabilidad es negativa. Lo que coincide con Carrión (2016) quien concluye que la tasa interna de retorno es un criterio de

decisión de relevancia, ya que mientras mayor sea ésta, significa que mayor será la rentabilidad a obtenerse, de esta forma un proyecto de inversión puede ser viable y factible. Utilizar el criterio de la tasa interna de retorno es significativo, ya que es donde se puede observar la variación de un proyecto de tal manera que no le permita incurrir en pérdidas.

TABLA 8 Valor actual de los sistemas evaluados (USD)

Año	Valor Neto	$(1+r)^i$	Valor actual (A)	Valor Neto	$(1+r)^i$	Valor Actual (B)	Valor Neto	$(1+r)^i$	Valor Actual (C)
0	-539.85	1.00	-539.85	865.53	1.00	-865.53	-200.00	1.00	200.00
1	180.00	1.10	163.64	190.00	1.10	172.73	-130.00	1.10	-118.18
2	180.00	1.21	148.76	190.00	1.21	157.02	-130.00	1.21	-107.44
3	180.00	1.33	135.24	190.00	1.33	142.75	-130.00	1.33	-97.67
4	180.00	1.46	122.94	190.00	1.46	129.77	-130.00	1.46	-88.79
5	30.00	1.61	18.63	65.00	1.61	40.36	-180.00	1.61	-111.77
6	180.00	1.77	101.61	190.00	1.77	107.25	-130.00	1.77	-73.38
7	180.00	1.81	92.37	190.00	1.81	97.50	-130.00	1.81	-66.71
8	180.00	1.95	83.97	190.00	1.95	88.64	-130.00	1.95	-60.65
9	180.00	2.07	76.34	190.00	2.07	80.58	-130.00	2.07	-55.13
10	30.00	2.20	11.57	65.00	2.20	25.06	-180.00	2.20	-69.40

Razón Beneficio - Costo

De los sistemas evaluados el sistema de conducción de agua es el que presenta la tasa B/C más alta, con 1.37, seguida del SCALL 1.24 y el sistema de abastecimiento con auto tanques con apenas 0.66. En el primer sistema se recupera la inversión en 2.5 años, en el segundo a los 3.5 años, y en el tercero no se recupera la inversión. Por lo tanto el sistema de conducción y el SCALL se consideran positivos y el sistema de abastecimiento de auto tanques es negativo.

4.6 CONCLUSIONES

- 1- La evaluación de los tres sistemas indica que económicamente la opción más viable es el abastecimiento por la red de conducción de agua, pero debido a la problemática social se complica su puesta en marcha.
- 2- La opción que económica y socialmente presenta mayor factibilidad es el abastecimiento de agua mediante un sistema de captación de agua de lluvia combinado con el auto tanque.
- 3- La opción que utiliza la mayor parte de los pobladores de la comunidad es la menos rentable, ya que económicamente cada uno de los indicadores financieros son negativos.

4.7 BIBLIOGRAFÍA

- Baca, T., N., Herrera T., F. (2016). Proyectos sociales. Notas sobre su diseño y gestión en territorios rurales. *Convergencia*, 23(72), 69-87.
- Ballen Suarez, J. A., Galarza García, M. Á., y Ortiz Mosquera, R. O. (2006). Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. VI SEREA-Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua João Pessoa (Brasil), 5, 12.
- Carrasco, J. (2016). Técnicas de captación, acumulación y aprovechamiento de aguas lluvias. *Boletín INIA* No. 321, 184.
- Comisión Nacional del Agua. (2017). Programa Nacional para Captación de Agua de Lluvia y Ecotecnias en Zonas Rurales (PROCAPTAR). Recuperado el 16 de junio de 2017, de <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/programa-nacional-para-captacion-de-agua-de-lluvia-y-ecotecnias-en-zonas-rurales-procaptar>

- CONAGUA. (2016). Atlas del Agua en México 2016. Comisión Nacional del Agua. Subdirección General de Planeación., 135. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Hernández P. (2016). El periurbano, un espacio estratégico de oportunidad. Revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales Universidad de Barcelona. Vol. XXI.
- Hessel, R., Ouessar, M., Sawadogo, H., Woldearegay, K., Fleskens, L., Stevens, P., & van Steenberghe, F. (2016). WAHARA - Report Series.
- INEGI. (2016). Conociendo San Luis Potosí, 30. Recuperado de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/estudios/conociendo/702825217730.pdf
- Jiménez, BC, Torregrosa, ML, Aboites, LA. (2010). El agua en México: cauces y encauces. Mexico City: Academia Mexicana de Ciencias.
- Mahmood, A., & Hossain, F. (2017). Feasibility of managed domestic rainwater harvesting in South Asian rural areas using remote sensing. Resources, Conservation and Recycling, 125 (October 2016), 157–168. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.06.013>
- Mete, M. (2014). Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión. Fides et Ratio - Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia, 7(7), 67-85. Recuperado en 20 de junio de 2019, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-081X2014000100006&lng=es&tlng=es.
- OMS. (2015). Informe 2015 del PCM sobre el acceso a agua potable y saneamiento: datos esenciales, 4. Recuperado de http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/jmp-2015-key-facts/es/.

ONU. (2015). World Population Prospects: The 2015 Revisión, Key Findings and Advance Tables. Recuperado de https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/Key_Findings_WPP_2015.pdf

Pérez, R. (2018). Aplicación y evaluación de tecnologías apropiadas para abastecer y mejorar la calidad del agua en comunidades periurbanas (tesis de maestría). Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

5 SEMIAUTOMATIZACIÓN DE UN INVERNADERO DE PEQUEÑA ESCALA SEMIAUTOMATISATION OF AN SMALL SCALE GREENHOUSE

Guadiana-Alvarado, Zoe Arturo¹; Durán-García, Héctor Martín¹; Rössel-Kipping, Erich Dietmar²; Algara-Siller, Marcos¹;
Cisneros-Almazán, Rodolfo¹.

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Álvaro Obregón #64, Col. Centro, C.P. 78000. San Luis Potosí, S.L.P. México.

²Colegio de posgraduados, campus Salinas, Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí.

Autor de correspondencia: arturo.guadiana@uaslp.mx

5.1 RESUMEN

Objetivo: Implementar un sistema semiautomatizado de bajo costo en un invernadero de pequeña escala

Metodología: Para la automatización se utilizó una placa arduino, un sensor RHT03, un regulador 78xx, una bomba big John giant pump de un Hp y un relevador sun hold ras 0510. Con la placa arduino se implementó un sistema semiautomatizado que controla el encendido y el apagado del sistema de riego y nebulización, se regula la temperatura, la humedad relativa y la humedad del sustrato.

Resultados: Los parámetros que se midieron son humedad del sustrato, humedad relativa y, temperatura con un total de 5 sensores para humedad relativa y temperatura y 3 sensores para la humedad del sustrato. Al medir estas variables se controla el encendido y el apagado de bombas para riego y nebulización, además de contar con terminales que en un futuro puedan controlar la apertura y el cierre de las ventilas laterales.

Implicaciones: Se confirmó que la automatización del invernadero ayuda a agilizar los procesos agrícolas al tiempo que optimiza y controla ejes climáticos que pueden ser asumidos como posibles amenazas en el marco del proceso de siembra y maduración. Asimismo comprobamos la eficacia de este tipo de métodos a la hora de producir y cuidar el fruto.

Conclusiones: La automatización al ser controlada por un equipo de cómputo, facilita tener diversos módulos en operación, controlando las bombas de riego y nebulización de acuerdo a las necesidades de cada módulo

Palabras claves: automatización, invernadero, agricultura, agroindustria.

Semiautomatisation of one small scale greenhouse

Semiautomatización de un invernadero de pequeña escala

Guadiana-Alvarado, Zoe A.¹; Durán-García, Héctor M.¹; Rossel-Kipping, Erich D.¹; Algara-Siller, Marcos¹; Cisneros-Almazán, Rodolfo¹

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Álvaro Obregón #64, Col. Centro, C.P. 78000. San Luis Potosí, S.L.P. México. ²Colegio de Posgraduados, Campus Salinas, Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí.

*Autor de correspondencia: arturo.guadiana@uaslp.mx

ABSTRACT

Objective: Implement a low-cost semi-automated system in a small-scale greenhouse

Design/methodology/approach: For the automation an arduino plate, an RHT03 sensor, a 78xx regulator, a Big John Giant pump of a 1 hp and a Sun Hold Ras 0510 relay were used. With the Arduino board, a semi-automated system was implemented that controls the ignition and shutdown of the irrigation and nebulization system, the temperature, relative humidity and humidity of the substrate are regulated.

Results: The parameters that were measured are humidity of the substrate, relative humidity and, temperature with a total of 5 sensors for relative humidity and temperature and three sensors for the humidity of the substrate. By measuring these variables the on and off of pumps for irrigation and fogging is controlled, as well as having terminals that in the future can control the opening and closing of the lateral vents.

Implications: We were able to confirm that the automation of the greenhouse helps to streamline agricultural processes while optimizing and controlling climatic axes that can be assumed as possible threats in the framework of the planting and ripening process. We also check the effectiveness of this type of methods when producing and taking care of the fruit.

Conclusions: The automation to be controlled by a computer, facilitates having several modules in operation, controlling the irrigation and nebulization pumps according to the needs of each module.

Keywords: automation, greenhouse, agriculture, agroindustry.

RESUMEN

Objetivo: Implementar un sistema semiautomatizado de bajo costo en un invernadero a pequeña escala

Metodología: Para la automatización se utilizó una placa arduino, un sensor RHT03, un regulador 78xx, una bomba Big John Giant de un 1 hp y un relevador Sun Hold Ras 0510. Con la placa arduino se implementó un sistema semiautomatizado que controla el encendido y el apagado del sistema de riego y nebulización, se regula la temperatura, la humedad relativa y la humedad del sustrato.

Resultados: Los parámetros evaluados fueron humedad del sustrato, humedad relativa y, temperatura con un total de cinco sensores para humedad relativa y temperatura y tres sensores para la humedad del sustrato. Al medir estas variables se controla el encendido y el apagado de bombas para riego y nebulización, además de contar con terminales que en un futuro puedan controlar la apertura y el cierre de las ventilas laterales.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 9, septiembre. 2019. pp. 53-59.

Recibido: abril, 2019. **Aceptado:** agosto, 2019.

Implicaciones: Se confirmó que la automatización del invernadero ayuda a agilizar los procesos agrícolas al tiempo que optimiza y controla ejes climáticos que pueden ser asumidos como posibles amenazas en el marco del proceso de siembra y maduración. Se comprobó la eficacia de este tipo de métodos a la hora de producir y cuidar el fruto.

Conclusiones: La automatización al ser controlada por un equipo de cómputo, facilita tener diversos módulos en operación, controlando las bombas de riego y nebulización de acuerdo a las necesidades de cada módulo

Palabras claves: automatización, invernadero, agricultura, agroindustria

INTRODUCCIÓN

La producción de cultivos agrícolas en condiciones protegidas incrementa el rendimiento y la calidad del fruto; siendo la norma UNE-EN-13031-1 (invernaderos: proyecto y construcción) la que define al invernadero como una estructura usada para el cultivo y protección de plantas y cosechas, la cual optimiza la transmisión de radiación solar bajo condiciones controladas para mejorar el entorno del cultivo, y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de personas en su interior. Mediante el uso de películas plásticas, sustratos y sistemas de automatización, en los invernaderos se establecen las condiciones óptimas de radiación, temperatura, humedad y dióxido de carbono. De acuerdo al nivel de equipamiento tecnológico, los invernaderos se clasifican como de nivel bajo, medio y alto (Ortega *et al.*, 2017). Los invernaderos de nivel tecnológico bajo se caracterizan porque en sus instalaciones la mayoría de las actividades, que implican el manejo se realizan en forma manual, en general, son instalaciones en las que sólo se cuenta con herramientas manuales, y en ocasiones, con algunos dispositivos mecánicos, tales como bombas de combustión interna o eléctrica para riego; carecen de calentadores o equipos para el control de temperatura; la apertura y cierre de ventilas se realiza manualmente. Dentro de los invernaderos de nivel tecnológico medio se agrupan aquellas unidades equipadas con dispositivos mecánicos y eléctricos, como bombas para los sistemas de riego, calentadores de gas de encendido manual o automático. La apertura y cierre de ventilas se realiza con malacates manuales y, en ocasiones, con motores; pueden contar con sistemas de fertirrigación rústicos (Quinto, 2017).

En los invernaderos de nivel tecnológico alto se incluyen instalaciones con dispositivos automatizados, con sensores y actuadores para controlar el riego, un ejemplo son los temporizadores, que pueden programarse para encender y apagar bombas, así como fotoceldas para apagar y encender luces, o sensores para operar calentadores y otros dispositivos similares, y también pueden contar con algunas actividades computarizadas (Palacios *et al.*, 2006). La funcionalidad del invernadero depende de las características tipológicas y de operación, material de cubierta, condiciones del clima, tipo y manejo del cultivo, sistemas de producción y ventilación. El control de la temperatura, humedad y concentración de CO₂ son variables climáticas que afectan el desarrollo de la planta y, se refleja en la cantidad y calidad de la producción (Ortega, 2014; Castilla, 2005; García *et al.*, 2010). En México la agricultura protegida está en constante crecimiento y desarrollo (Nieves *et al.*,

2011); el INEGI (2010) reportó para el año 2007, 12,540 ha instaladas; la SAGARPA (2010) (Secretaría de Agricultura Ganadería, Pesca y Alimentación) registró 11,760 ha para el año 2010 y, para ese mismo año la Asociación Mexicana de Agricultura Protegida Asociación Civil (AMHPAC) censó 15,300 ha.

En México el SIAP (2013) reporta la existencia de 19,985 unidades de cultivo protegido; de los cuales 66% corresponden a invernaderos, 11% a macro túneles, 10% a casa sombra, 5% a micro túneles, 5% techo sombra y 3% pabellón.

La introducción de sistemas de refrigeración, basados principalmente en el enfriamiento evaporativo (nebulización y pantallas evaporativas) han sido acogidos como técnicas para reducir la temperatura al convertir el calor sensible en latente en zonas semiáridas y del mediterráneo; además se puede monitorear la eficiencia del uso del agua a través de la transpiración de la planta y el intercambio de O₂ y CO₂ (Kittas *et al.*, 2003). El desarrollo de los cultivos en sus diferentes fases de crecimiento, está condicionado por el riego y factores ambientales o climáticos como: temperatura, humedad relativa, iluminación, dióxido de carbono (CO₂) Leyva, (2014). Para que la planta pueda realizar sus funciones, es necesaria la conjunción de estos factores dentro de límites mínimos y máximos, fuera de los cuales la planta cesa su metabolismo, pudiendo llegar a la muerte (Mamani, 2017). En los últimos años se han introducido al mercado gran variedad de sensores para monitorear temperatura y humedad relativa al interior del invernadero, facilitando el diagnóstico de las condiciones ambientales en las diferentes

estaciones del año, lo cual permite tomar decisión respecto a los controles más apropiados (Salazar et al., 2014).

Al interior del invernadero interesa controlar la humedad del sustrato, temperatura, humedad relativa, CO₂, e iluminación (Lugo et al., 2014). El enriquecimiento de la atmósfera del invernadero con CO₂, es muy interesante en muchos cultivos (Huertas, 2008); el microclima depende en parte de la dinámica de la evapotranspiración presente (la cual incluye a la transpiración de la planta y a la evaporación del suelo), de la infraestructura existente en el invernadero (cortinas, domos, sombra, humidificadores y calefacción) y de las perturbaciones climáticas. Uno de los parámetros que mejor integran el estado de sanidad y desarrollo de un cultivo, es el déficit de presión del vapor (DPV), el cual está ligado directamente con las dinámicas de evapotranspiración (Ramos et al., 2010; Lugo et al., 2014). Automatizar el invernadero en México se traduce en la compra de tecnología extranjera cuyo costo es elevado para el promedio de los productores, por lo que la mayoría invierte en infraestructura, pero no en monitorear y controlar el clima al interior, suprimiendo las ventajas y obteniendo como resultado menor cantidad de productos y calidad. Por lo anterior se planteó como objetivo implementar un sistema semiautomatizado de bajo costo en un invernadero de pequeña escala.

MATERIALES Y MÉTODOS

Trabajando con tomate bola (*Solanum lycopersicum* Mill.) variedad Sheena, la investigación se desarrolló e implementó en el ciclo primavera-verano del año 2017, en el invernadero del área Agroindus-

trial (Figura 1), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

El invernadero en el cual se trabajó es del tipo túnel (6 m de ancho por 12 de largo), la ventilación es lateral. Para la automatización se utilizó una placa arduino, un sensor RHT03, un regulador 78xx, una bomba Big John Giant de un 1 hp y un relevador Sun Hold Ras 0510. Con la placa arduino se implementó un sistema semiautomatizado que controla el encendido y el apagado del sistema de riego y nebulización, se regula la temperatura, la humedad relativa y la humedad del sustrato.

El arduino son tres componentes (una placa hardware libre, un software y un lenguaje de programación libre), creado en el instituto de diseño interactivo Ivrea (Italia) (Torrente, 2013). El sensor RHT03 registra la humedad y temperatura con un solo cable de interfaz, esta calibrado y no requiere componentes adicionales, se pueden obtener medidas correctas de humedad relativa y temperatura. Las características y aplicación fueron las siguientes: alta precisión, tipo capacitivo, temperatura de rango completo compensado, medición de humedad relativa y temperatura, señal digital calibrada, excelente estabilidad a largo plazo, componentes adicionales no necesarios, larga distancia de transmisión (hasta 100 m), bajo consumo de energía, 4 pines empaquetados y completamente intercambiables. Regulador 78xx, los reguladores lineales de tensión, también llamados reguladores de voltaje, son circuitos integrados (CI) que por su sencillez, precio y eficacia, son la solución más interesante. De acuerdo a su polaridad se clasifican en reguladores de voltaje positivo (7800) y reguladores de voltaje negativo (7900).

Los reguladores de tensión proporcionan tensión continua estabilizada y con protección frente a sobrecargas o corto circuito. La bomba Big John Giant de 1 hp, cuenta con una caja de hierro fundido sumergible, base de fibra de polipropileno, cubierta de fibra de policarbonato, con depósito especial para aceite, el Interruptor es accionado por diafragma; el cuerpo de la bomba y el impulsor son no atascables. El relevador Sun Hold Ras 0510, es un relevador compacto de un polo, dos tiros (SPDT) y bobina de 5 Vcc.

El relevador es un interruptor controlado por un circuito eléctrico a través de una bobina y un electroimán, el cual incide sobre diversos contactos para la apertura o el cierre de otros circuitos, que funcionan de manera independiente. La bobina crea un campo magnético que lleva los contactos a establecer una conexión, mientras que el electroimán permite el cierre de los contactos; el relevador actúa como interruptor, permitiendo el paso o no de la corriente eléctrica.

La Figura 1 muestra el diagrama funcional del sistema de automatización desarrollado, empezando por el encendido (este módulo de control en realidad es una computadora de escritorio), y al iniciar se despliega información necesaria para el funcionamiento, empezando por el manual del usuario. En la interfaz de los datos del sistema se carga información del clima y se pueden consultar las gráficas de (temperatura, humedad relativa y humedad del sustrato), el histórico diario y la programación de los timers. Para facilitar el mo-

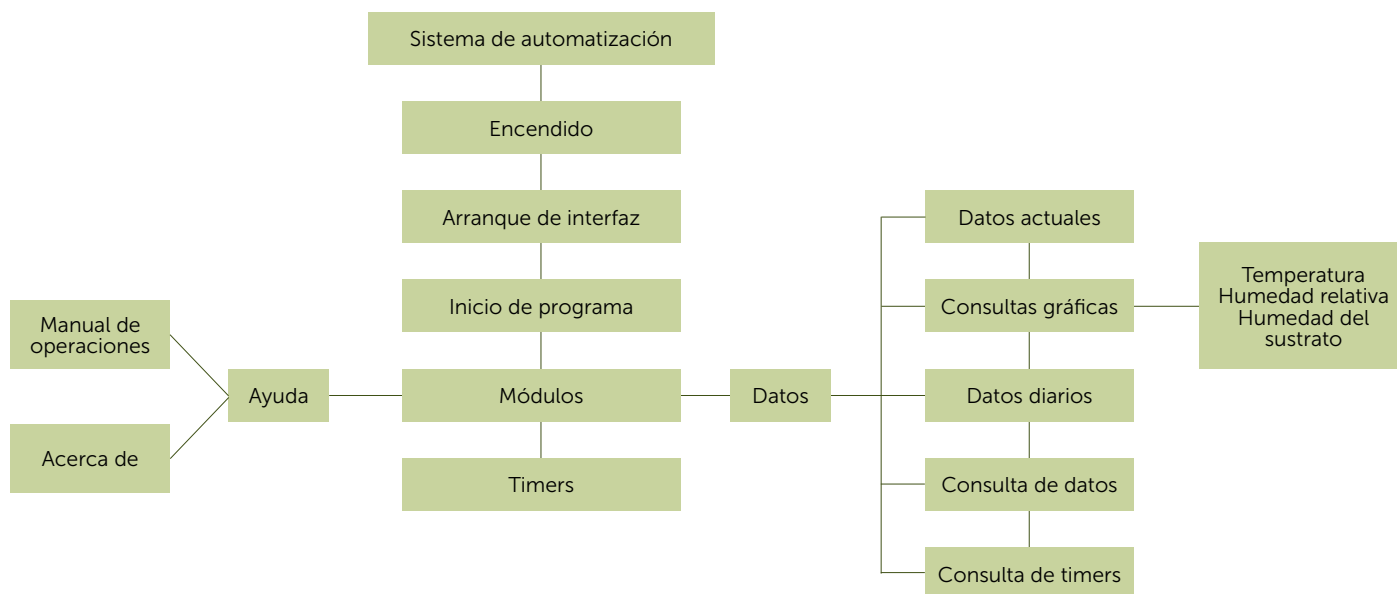


Figura 1. Diagrama Funcional del sistema de automatización del invernadero.

nitoreo al interior del invernadero, se dividió en cinco zonas, y en cada una, se registró la temperatura y la humedad mediante un sensor móvil durante 10 d consecutivos en los horarios de 8:00-9:00 a.m.; 12:00-12:45 p.m. y de 16:00-16:20 p.m.

La humedad relativa y temperatura fueron monitoreados por medio de cinco sensores (RHT03) que toman las lecturas de temperatura y humedad; y el monitoreo, registro, análisis y promedio de temperaturas y humedad relativa, determinan el encendido o apagado del equipo de nebulización, acción que se realiza en función del análisis de los datos de humedad relativa enviada por el sensor. La temperatura especificada por el usuario y la temperatura del invernadero controlan el tiempo de activación de los nebulizadores.

Calibración del sensor de humedad del sustrato

La calibración del sustrato se realizó a través de la diferencia de peso del cubo de lana de roca a partir de la saturación hídrica. Para una saturación total (100%) se obtuvo un peso de 315 g (cubo más agua), el

cubo sin agua pesó 125 g; para una saturación al 50%, 220 g (cubo más 50% de agua), para la calibración se insertó la horquilla del sensor en los cubos a 0, 50 y 100% de saturación, para lo cual se registró y analizó el voltaje; este proceso se repitió 10 veces, sin encontrar diferencia significativa. A partir de los datos obtenidos se programa el protocolo de análisis, el control de encendido se realiza a partir de timer programado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el invernadero se implementó un sistema semiautomatizado funcional y de bajo costo. Los parámetros humedad del sustrato, humedad relativa y, temperatura con un total de cinco sensores para humedad relativa y temperatura y tres para la humedad del sustrato. Al medir estas variables se controla el encendido y el apagado de bombas para riego y nebulización, además de contar con terminales que en un futuro puedan controlar la apertura y el cierre de las ventilas laterales. Lugo *et al.* (2014) desarrollaron un paquete tecnológico de bajo costo para el monitoreo ambiental de invernaderos, el paquete se basa

en el uso de software y hardware libres y considera la construcción y adaptación de sensores para medir las variables climatológicas dentro y fuera del invernadero; la construcción y adaptación de interfaces electrónicas para capturar los valores de los sensores y el desarrollo de software para interpretar los datos. Como plataformas de software y hardware libres utilizaron Java y Arduino como parte importante de la técnica de proceso. Se compararon los sensores desarrollados contra los sensores comerciales en condiciones climatológicas iguales y se obtuvieron datos similares.

El objetivo fue semiautomatizar un invernadero de bajo costo, solucionando los posibles problemas de inexactitud en la medición y control de variables climáticas; dificultades que en la mayoría de los casos se asocian al control manual de la temperatura, la humedad y la luminosidad de los cultivos bajo cubierta, mostró que la humedad relativa sin el sistema de automatización llegó a una media de 17.56% dentro del invernadero, donde se muestreo en el día por triplicado durante 10 d, la

temperatura registrada varió de 17 °C a 41 °C con una media de 32 °C, la humedad del sustrato con niveles inferiores al 30%.

La temperatura promedio del invernadero con el sistema de automatización encendido fue de 26 °C, la humedad relativa de 54% y la del sustrato de 85% en promedio. Estos resultados mostraron diferencia significativa en cuanto a los parámetros registrados dentro del invernadero, y evidenció que la puesta en marcha del sistema semiautomatizado mantiene condiciones adecuadas a la planta. Rodríguez *et al.* (2017) reportó que debido a las condiciones del clima se requiere que este sea controlado durante el día ya que es cuando se presentan temperaturas altas, el horario de automatización lo estableció de las 8:00 h a las 18:00 h monitoreando la temperatura y la humedad relativa cada 5 min y, cuando se registra una temperatura mayor a 25 °C se activa el ventilador y el sistema de riego por nebulización durante 5 min, logrando que la humedad relativa aumente y el ventilador siga funcionando hasta que la temperatura nuevamente registre 20 °C.

De acuerdo con Rodríguez *et al.* (2014) el aumento de la floración y el crecimiento del fruto se da en un periodo de 2 a 4 d bajo las condiciones establecidas en el sistema automatizado, mostrando una mejoría en la producción y el comportamiento de la planta; información que coincide con lo reportado por Rincón (2016) pues este autor con ayuda de una aplicación móvil mediante un sistema operativo Android, monitoreó y controló la temperatura y humedad, facilitando el análisis de datos e incidiendo en la calidad de la producción.

En presente trabajo, se pudo confirmar que la automatización del invernadero ayuda a agilizar los procesos agrícolas al tiempo que optimiza y controla ejes climáticos que pueden ser asumidos como posibles amenazas en el marco del proceso de siembra y maduración.

Una de los factores de mayor relevancia del proyecto fue el costo, Jainfa (2011) reporta que con el fin de resolver algunos problemas en la agricultura tradicional de precisión, como es la adquisición de datos en tiempo real y el monitoreo de pequeñas áreas, diseñó e implementó un sistema de monitoreo ambiental para la agricultura de precisión con sensores inalámbricos basado en tecnología "bayberry", para esto, en un invernadero ubicado en un lugar apartado y de difícil acceso, que funciona con paneles solares y baterías de almacenamiento, registro

la temperatura, humedad y luminosidad, estos datos los transmitió a un servidor remoto en tiempo real a través de conexión GPRS, el sistema logró entregar información en tiempo real y su costo aproximado por m² fue de US\$4.16.

Otros autores como Tongtong *et al.* (2011) utilizó topología en Estrella, teniendo un costo aproximado de US\$4.76 por m², anotando que el monitoreo y control ambiental son algunas de los variables de mayor relevancia en la protección y producción de cultivos.

Guofang *et al.* (2010) enfocaron su trabajo a automatizar y controlar el ambiente de los cultivos en invernaderos de baja escala, lo cual hicieron en forma remota, su diseño se basó en ZigBee y tecnología WEB, contando con una aplicación móvil desarrollada en Lap VIEW, el sistema de vigilancia remota muestra información ambiental en tiempo real, siendo una herramienta para evaluar el entorno del invernadero y generar información para un control efectivo de las condiciones ambientales del invernadero, el costo aproximado es de \$8.22 USD por m². Mendoza (2015) diseñó e implementó un prototipo que permite controlar y monitorear la temperatura y la humedad de un invernadero desde cualquier parte por medio de una red LAN, siendo este un elemento histórico en desarrollo del sistema agro inteligente. Como dispositivo de procesamiento optó por un kit de Ethernet, el cual cumple con todos los requerimientos del sistema. En el microcontrolador programó el firmware del sistema en lenguaje C en el software PIC C Compiler; el código incluyó la implementación de parte del stack TCP/IP. Utilizo TCP (Protocolo de Control de Transmisión), y a la página Web diseñada se envían las mediciones de temperatura, humedad y el estado de los dispositivos de control, el costo aproximado fue de \$3.95 USD por m².

El invernadero del presente estudio (de bajo costo y pequeña escala) (72 m²) costó \$49,000 pesos mexicanos, incluye estructura, cubierta y sistema de riego; automatizarlo costó \$5130 pesos mexicanos, distribuidos (Cuadro 1).

El costo de automatizar el invernadero fue de \$71.25 pesos mexicanos por m², aproximadamente US\$3.39 tomando como referente \$21.00 pesos por dólar. Automatizar el invernadero es ligeramente más barato, con una esperanza de vida útil mayor y mejores rendimientos del cultivo, que, para el presente caso, fueron 105 t de tomate comercializado a \$11,000 pesos mexicanos

Cuadro 1. Costos generales de automatización del invernadero de bajo costo y pequeña escala tipo túnel.

Unidad	Cantidad	Precio unitario (US\$)	Precio total (US\$)
Sensores	5	11,43	57,14
Cable 5E 4 hilos	100 m	0,22	22,00
Arduino uno	1	14,29	14,29
Sensores de horquilla	4	4,76	19,05
Pines	20	0,03	0,48
Sensores LM35	3	0,57	1,71
Pistola de soldadura	1	3,81	3,81
Manguera	40 m	0,71	28,57
PC	1	89,00	89,00
Total			236,05

por tonelada. En sistemas de producción en invernadero es posible obtener hasta tres cosechas al año, reduciendo los costos por automatización; la vida útil de la estructura del invernadero es hasta de 20 años, la del plástico de cinco y la de los sensores de tres años. Lo anterior es relevante si se considera que el rendimiento de tomate bola "Sheena" a campo abierto es de 70 t ha⁻¹ en promedio y, sólo es posible obtener una cosecha al año.

CONCLUSIONES

Implementar un sistema semiautomatizado de bajo costo es posible en un invernadero de pequeña escala y es más rentable. La automatización al ser controlada por la técnica de proceso, facilita tener diversos módulos en operación, controlando, por ejemplo, las bombas de riego y nebulización de acuerdo a las necesidades de cada módulo; es de fácil operación y capaz de competir con otros sistemas descritos y ofertados en el mercado. En el futuro, para realizar una agroindustria, agro 4.0, agro inteligente es necesario, mecanización y automatización de todos los procesos productivos.

AGRADECIMIENTOS

Al Fondo de Apoyo a la Investigación de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí por el financiamiento para el proyecto: Sustentabilidad de la agricultura familiar en regiones áridas y semiáridas.

LITERATURA CITADA

- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2002). UNE-EN 13031-1: Invernaderos: Proyecto y construcción. Parte 1, invernaderos para producción comercial. Editor AENOR. 105 p.
- Castilla, N. y Hernández, J. (2005). The plastic greenhouse industry of Spain. *Chronica Horticulturae*. (45).
- García, E. R., Vidal y L. M. Tamayo. (1978). Precipitación y probabilidad de la lluvia en la República Mexicana y su evaluación. México: CETENAL.
- García, M.C., Balasch, S.F., Alcon, M.A. y Fernández, Z. (2010). Characterization of technological levels in Mediterranean horticultural greenhouses. *Spanish Journal of Agricultural Research* 8(3): 509-525.
- Guofang, L. Q., Yubin and L. Shengtao. (2010). Remote monitoring system of greenhouse environment Based on LabVIEW. *International Conference on Computer Design and Applications*.
- Huertas, L. (2008). Horticom. <http://www.horticom.com/pd/imagenes/69/757/69757.pdf>.
- Jianfa, X., Zhenzhou T., Xiaoqiu S., Lei F., Huaizhong L. 2011. An environment monitoring system for precise agriculture based on wireless sensor networks, *Seventh International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Networks*, Beijing, China.
- Kittas, C., Bartzanas, T., and A. Jaffrin. (2003). Temperature gradients in a partially shaded large greenhouse equipped with evaporative cooling pads. *Biosystems Engineering*. 85.
- Leyva, J. R. (2014). Sistemas de refrigeración en un invernadero de malla: efectos sobre el microclima, productividad y respuestas de las plantas de un cultivo de tomate. Universidad de Granada.
- Lugo, E., Villavicencio G. y Díaz S. (2014). Paquete tecnológico para el monitoreo ambiental en invernaderos con el uso de hardware y software libre. *Terra Latinoamericana*. 32(1).
- Mamani, M., Villalobos, M., Herrera, R. (2017). Sistema web de bajo costo para monitorear y controlar un invernadero agrícola. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*. 25(4).
- Mendoza, M. F. (2015). Sistema de monitoreo y control de invernaderos a través de una red inalámbrica mediante un servidor web embebido en microcontroladores de alto rendimiento. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Querétaro. 62 p.
- Nieves, G., Van der, Valk V. y Elings, A. (2011). Mexican protected horticulture. Production and market of Mexican protected horticulture described and analysed Wageningen UR Greenhouse Horticulture. *Landbouw Economisch Instituut. The Hague. Ministre of Economic Affairs. Rapport GTB 1. 126*.
- Ortega, M., L. D., Martínez V., Waliszewski, S. M., Ocampo M., Huichapan M., El Kassis, E., Soto Ruiz, G., Pérez Armendáriz, B. (2017). Nivel tecnológico de invernadero y riesgo para la salud de los jornaleros. *Nova Scientia*. 9.
- Ortega M., Ocampo-M., Sandoval C., Martínez V., Huerta P., Jaramillo V. (2014). Caracterización y funcionalidad de invernaderos en Chignahuapan, Puebla, México. *Revista Bio Ciencias* 2(4): 261-270.
- Palacios, S., Gonzales, K., Manuel, V. (2006). Invernaderos de nivel a nivel. 30-05-2018, de Agro2000 Sitio web: <http://www.2000agro.com.mx/agroindustria/invernaderos-de-nivel-a-nivel/>.
- Quinto W. (2017). Invernaderos de nivel a nivel. <http://www.2000agro.com.mx/agroindustria/invernaderos-de-nivel-a-nivel/> [2 Jun. 2018].
- Ramos, F.J.C., V. López, V. Lafont, F. Enea, G. Duplaix. (2010). Una estructura neurodifusa para modelar la evapotranspiración instantánea en invernaderos. *Ingeniería. Investigación y Tecnología*. XI.

- Rincón, V.A., J. Silva, T. (2016). Automatización de invernadero para producción agrícola con tecnología de punta a bajo costo. Colombia. Revista de Investigaciones empresariales. 23.
- Rodríguez, R. F., I. García, S. Vásquez y L. Juárez. (2017). Análisis, diseño e implementación de un invernadero automatizado para la producción de fresa en Tehuacán. Revista del Desarrollo Tecnológico.
- Rodríguez, C., Díaz, H., Pérez, G., Cruz, Z. y Rodríguez, H. (2014). Evaluation of quality and yield in papaya wild (*Carica papaya* L.) from Cuba. Cultivos Tropicales, San José de las Lajas. 35(3): 36-44.
- Salazar, M. R. Rojano, A., López, I. (2014). Water Use Efficiency in Controlled Agriculture. Tecnología y ciencias del agua. 5(2): 177-183.
- SIAP. (2013). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Boletín semanal del SIAP de la SAGARPA, 2.
- Tongtong, Y., Wenjie F., Zheyang L. (2011). Temperature and humidity wireless sensing and monitoring systems applied in greenhouse. Proceedings of 2011 International Conference on Computer Science and Network Technology.
- Torrente, A. O. (2013). Arduino. Curso práctico de formación. Alfaomega. Primera Edición Rustica. Madrid, España. 588 p.



6 MODELO DE AGRICULTURA FAMILIAR SUSTENTABLE PARA REGIONES ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ

El objeto de este trabajo de investigación fue proponer un modelo de agricultura familiar sustentable para regiones áridas y semiáridas, que sirvió para caracterizar la forma de vida de la familia, la relación con la agricultura, los flujos de energía, la gestión hídrica y la producción local. El estudio se realizó bajo diferentes enfoques, por un lado una visión participativa de la realidad de la comunidad periurbana y por el otro, el análisis de la unidad agrícola bajo el enfoque de sistemas y el estudio del flujo de energía; también se analizó desde una metodología de análisis de proyectos sociales en materia de agua para estudios de factibilidad de inversión y por último se desarrolló una herramienta para la semiautomatización de un invernadero.

6.1 EL DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO

El diagnóstico participativo es un método para generar información, desde el punto de vista de los miembros de la comunidad, conocer las actividades necesarias y pueden apoyarse; si los miembros de la comunidad aceptan las actividades propuestas por el personal externo y si tales actividades son razonables y prácticas (FAO, 2012).

En este punto los miembros de la comunidad realizan un proceso de auto identificación de sus condiciones reales como núcleo, generan la información necesaria para la intervención, en este trabajo, se realizó un taller de diagnóstico con agricultores de diferentes zonas de la periferia de la zona urbana teniendo como ejemplo a la ciudad de San Luis Potosí.

Los miembros de la comunidad, pasaron por un proceso en el cual identifican sus condiciones, además recolectan información para determinar la realidad de su comunidad. El marco referencial del diagnóstico examina cada actividad en relación con las condiciones de la comunidad, sus necesidades y alternativas de trabajo, de manera conjunta con la comunidad cercana a la zona urbana.

El producto de este diagnóstico (Figura 3) proyecta seis niveles de auto exploración que van desde su reconocimiento como comunidad, el análisis de las oportunidades de desarrollo dentro del núcleo periurbano, los problemas locales, reivindican la actividad agrícola como una oportunidad para el desarrollo profesional y social, analizan alternativas al modelo convencional de agricultura y consideran mejorar su proceso productivo a partir de las agricultura alternativa.

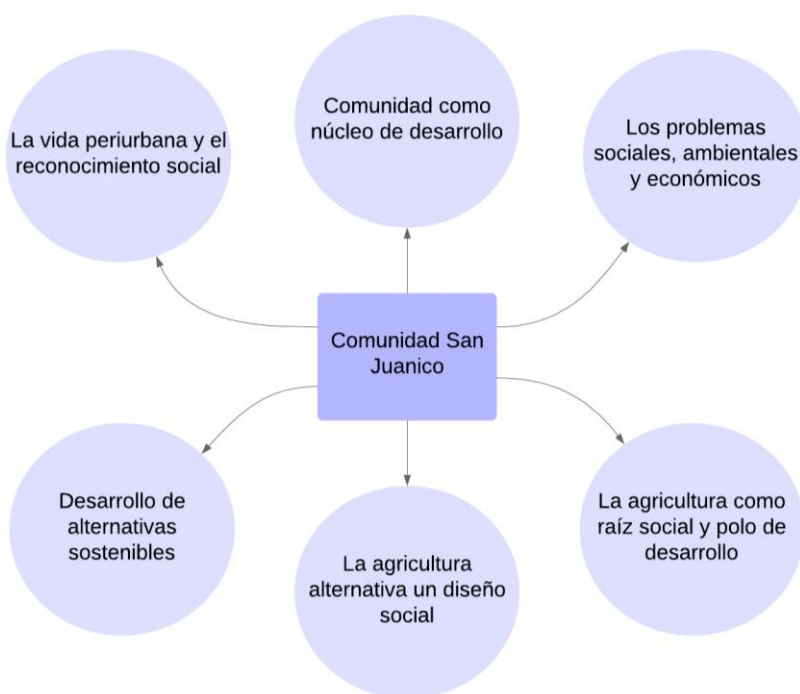


FIGURA 3 Diagrama del diagnóstico participativo San Juanico Chico

6.2 ANÁLISIS DE FLUJO DE ENERGÍA

Posterior al diagnóstico participativo, se propuso generar un análisis del sistema de agricultura convencional que utilizaban en la comunidad, a fin de evaluar desde el enfoque de análisis de sistemas y flujo de energía y compararlo con una propuesta alternativa (Figura 4).

En el sistema alternativo se propuso utilizar camas de doble excavación y siembra cercana también llamada cama biointensiva; esta es la superficie sobre la

que cual se realiza la siembra, se caracteriza por tener una estructura de suelo óptimo con nutrientes apropiados para que las plantas puedan desarrollarse de manera adecuada. Para la preparación utiliza solo fuerza humana, apoyándose en el uso de herramientas sencillas como la pala y el bieldo que faciliten el trabajo. Además se impulsó la siembra cercana, esto implica que las plantas se encuentran a menor distancia que en los sistemas convencionales de agricultura tradicional. Al tener mayor preparación y una profundidad de 60 cm, rinde mejor el espacio. Al tener menor distancia entre plantas, la luz solar que llega al suelo es menor, por lo que retrasa el crecimiento de las arvenses y reduce las labores de cultivo, por otro lado permite mayor retención de agua al disminuir la evaporación del suelo, además se utilizaron biopesticidas y biofertilizantes comerciales.

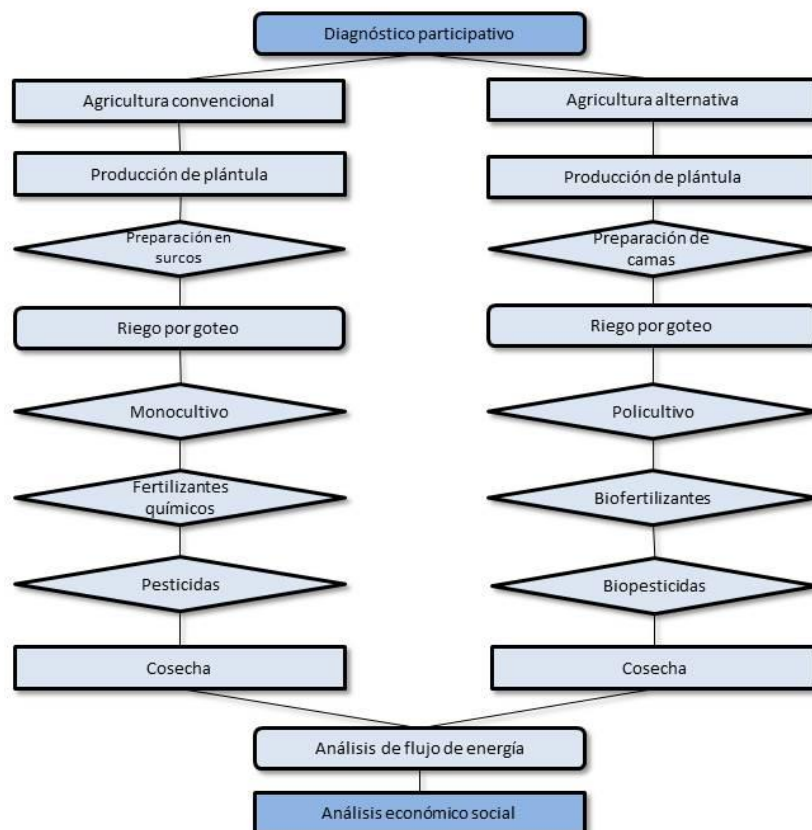


FIGURA 4 Diagrama de flujo de análisis de flujo de energía

6.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA SOCIAL

Uno de los problemas observados en el diagnóstico participativo y en el análisis de flujo de energía fue el difícil acceso al agua potable, tanto para el consumo humano, como para uso doméstico y agrícola, el abasto se realiza por medio de auto tanques, lo cual resulta costoso, ante esta realidad se efectuó un análisis técnico y económico social, para la implementación de un sistema de captación de agua de lluvia (Pérez *et al*, 2018). En este trabajo se evaluó la parte económico social que juega un papel central en ese proceso de racionalización además de ser un elemento básico en la planificación y una herramienta para la toma de decisiones. Por ello, disponer de evaluaciones de proyectos en curso o ya realizados resulta fundamental para mejorar el diseño. Los parámetros evaluados fueron valor actual neto social, tasa interna de retorno social, relación beneficio-costos y el tiempo de recuperación de la inversión (Figura 5).

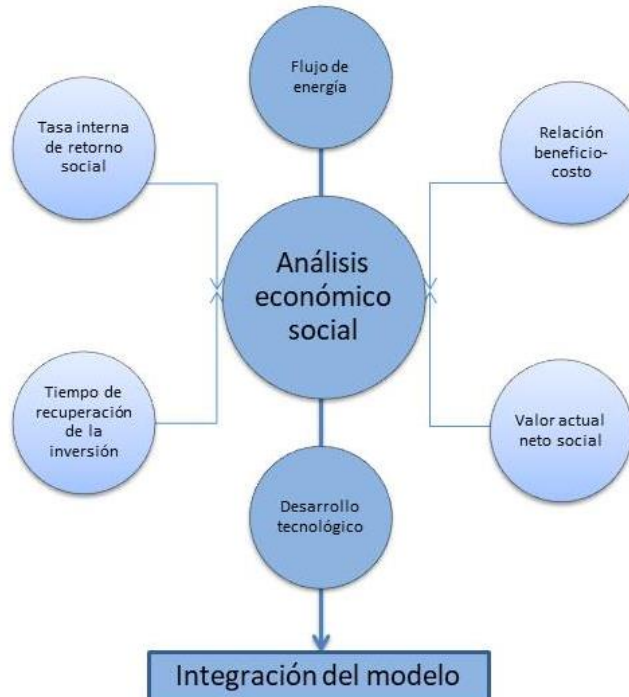


FIGURA 5 Esquema del análisis económico social

6.4 INTEGRACIÓN DEL MODELO

A modo de conclusión y a fin de integrar el modelo para la sustentabilidad de la agricultura familiar propuesto en este trabajo de investigación (Figura 6), se tomó el modelo Nexo (agua, alimentación y energía) de la FAO (2014) y el diagrama propuesto por Guijarro y Sánchez (2015). Para incluir todos los aspectos del modelo se modificó e integró el diagnóstico participativo como una herramienta para abordar problemáticas sociales en la que los involucrados describen todo lo relacionado a su realidad, a partir de la información generada se incide directamente en la toma de decisiones con respecto a la gestión de los recursos energéticos, hídricos y alimentarios. En el sistema de producción se genera información que sirve como retroalimentación al diseño participativo con la finalidad de rediseñar las propuestas o continuar con su uso. Por último la tecnología se vuelve además un instrumento para proveer a los involucrados de herramientas que ayuden a gestionar de mejor manera los sistemas de producción.

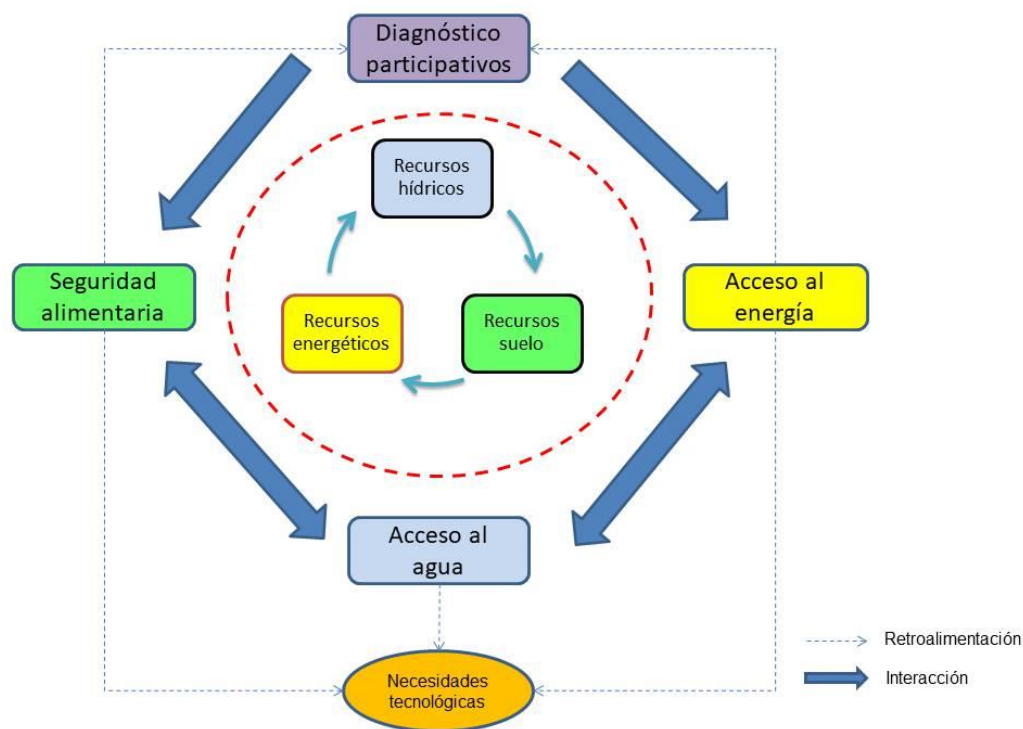


FIGURA 6 Integración del modelo de agricultura familiar sustentable con base en el esquema Nexo

6.5 BIBLIOGRAFÍA

FAO. (2014). Agricultura familiar en América Latina y el Caribe: recomendaciones de política. 486 p. Santiago de Chile

FAO. 2012. Conceptos, métodos y herramientas para el diagnóstico, seguimiento y la evaluación participativos en el Desarrollo Forestal Comunitario. MANUAL DE CAMPO Nº 2.

Guijarro, A. y Sánchez, E. (2015). El Nexo agua-alimentación-energía en el marco de la agenda post 2015. España. Recuperado de <https://bit.ly/2lwmy9>

Pérez, R. (2018). Aplicación y evaluación de tecnologías apropiadas para abastecer y mejorar la calidad del agua en comunidades periurbanas (tesis de maestría). Universidad Autónoma de San Luis Potosí.