

Model of Relationships between Photovoltaic Solar Energy and Agribusiness

Moisés Martínez-Soto, PhD¹; Carlos Rodríguez-Monroy, PhD²; Yilsy, Núñez-Guerrero, PhD²; Eveligh Prado-Carpio, PhD³; Eduardo Lemus-León, MSc⁴; María de Lourdes Olivo-Garrido PhD⁵.

¹Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela; e-mail: moisesenriquemartinezsoto@fa.luz.edu.ve

² Universidad Politécnica, Madrid, España; e-mail: cmonroy@etsii.upm.es, ym.nunez@upm.es

³Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador; e-mail: eprado@utmachala.edu.ec

⁴ Universidad Simón Bolívar, Facultad de Ingenierías, Cúcuta, Colombia; e-mail: e.lemus@unisimonbolivar.edu.c

⁵Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela; e-mail: lourdes_olivo@yahoo.com

Abstract– *There is an increasing use of alternative renewable energies, among them the application of photovoltaic solar energy, due to the variation in oil and coal prices, in addition to the implications of global warming. Energy is one of the main variables in the function of agribusiness and one of the fundamental inputs in production systems. Thus, there is a trend towards a paradigm shift from the farmer-aquaculturist, producer of food and raw materials for industry, to the farmer who produces energy, as well as food and agro-industrial raw materials, which encourages the diversification of production in the field and the generation of new sources of income for rural producers. The objective of this research is to develop a relationships model between the photovoltaic energy and agribusiness constructs, in order to achieve higher levels of productivity, competitiveness and sustainability. To this end, the system dynamics methodology was used, through the simulation software Vensim PLE ® v. 5.11. The main result consisted in the elaboration of the causal diagram and the determination of the first, second and third order influences. It is concluded that: a) There is a relationship of interdependence between the constructs of agribusiness and photovoltaic solar energy; b) Diversified agroproduction is an essential construct to understand and integrate the interdependent relationships between photovoltaic energy and agribusiness; c) Public policies and knowledge management constitute two positive feedback loops that can accelerate the massive integration processes of photovoltaic energy to agribusinesses through agro-production; d) Poor final disposal of photovoltaic waste, conflicts over land use and overexploitation of aquifers for irrigation purposes represent three negative feedback loops that could stop and even reverse the progress that has occurred to date or that may occur in the future in the process of interrelationships between photovoltaic energy and agribusiness. It is recommended to validate the model.*

Keywords- *Agroenergy production, Sustainability, Competitiveness, Productivity, System Dynamics.*

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1474>

ISBN: 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

Modelo de Relaciones entre la Energía Solar Fotovoltaica y los Agronegocios

Abstract– There is an increasing use of alternative renewable energies, among them the application of photovoltaic solar energy, due to the variation in oil and coal prices, in addition to the implications of global warming. Energy is one of the main variables in the function of agribusiness and one of the fundamental inputs in production systems. Thus, there is a trend towards a paradigm shift from the farmer-aquaculturist, producer of food and raw materials for industry, to the farmer who produces energy, as well as food and agro-industrial raw materials, which encourages the diversification of production in the field and the generation of new sources of income for rural producers. The objective of this research is to develop a relationships model between the photovoltaic energy and agribusiness constructs, in order to achieve higher levels of productivity, competitiveness and sustainability. To this end, the system dynamics methodology was used, through the simulation software Vensim PLE ® v. 5.10. The main result consisted in the elaboration of the causal diagram and the determination of the first, second and third order influences. It is concluded that: a) There is a relationship of interdependence between the constructs of agribusiness and photovoltaic solar energy; b) Diversified agroproduction is an essential construct to understand and integrate the interdependent relationships between photovoltaic energy and agribusiness; c) Public policies and knowledge management constitute two positive feedback loops that can accelerate the massive integration processes of photovoltaic energy to agribusinesses through agro-production; d) Poor final disposal of photovoltaic waste, conflicts over land use and overexploitation of aquifers for irrigation purposes represent three negative feedback loops that could stop and even reverse the progress that has occurred to date or that may occur in the future in the process of interrelationships between photovoltaic energy and agribusiness. It is recommended to validate the model.

Keywords- Agroenergy production, Sustainability, Competitiveness, Productivity, System Dynamics.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1474>

ISBN: 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

I. INTRODUCCIÓN

Las reservas mundiales de energía convencional están disminuyendo mientras que su demanda mundial está aumentando, con los efectos negativos socioambientales que conlleva su uso.

De manera que se presenta una gran oportunidad para la generación de energías renovables alternativas como la solar, la eólica, la biomasa, biogás, mareomotriz, hidroeléctrica, geotérmica, hidrógeno verde, entre las más conocidas, y así avanzar decididamente hacia la transición energética con el uso de sistemas más sostenibles.

La energía solar actualmente se ha convertido en una fuente de energía alternativa debido a la oscilación de los precios del petróleo y el carbón, sumándole los problemas de calentamiento global.

Se ha estimado que para el año 2040 la participación de las energías renovables en la generación de electricidad, aumente de 25% actual a más del 40%. De todas las fuentes de energía renovable, la solar fotovoltaica es la de mayor potencial productivo. El potencial técnico anual de generación eléctrica de la energía solar actual se estima en 613 PWh por año (613.000 billones de vatios) [1, 2].

La incorporación de la energía solar en sectores como la agricultura procura estimular el uso de energías limpias y hacer una utilización al máximo de los recursos naturales para la producción agrícola, obteniendo una alta productividad y aprovechamiento de los recursos y lograr cultivos con altos estándares de eficiencia, creando un valor agregado en el cultivo de las tierras [3]; así, la industria agrícola puede alcanzar beneficios financieros y ambientales.

Existe una relación directa entre los sistemas energéticos y alimentarios, 30% de la energía mundial se consume dentro de los sistemas agroalimentarios, y la energía es responsable de un tercio de las emisiones de gases de efecto invernadero en estos sistemas.

Los sistemas energéticos y alimentarios del mundo deben transformarse para hacer frente a la creciente demanda; ser más inclusivos, seguros y sostenibles y alinearse con los distintos acuerdos y tratados internacionales suscritos por los países en estas materias, tales como la Agenda 2030 para el

Desarrollo Sostenible y el Acuerdo de París sobre el Cambio Climático [4].

En esta investigación se plantea que la energía es una de las principales variables de la función de los agronegocios y uno de los insumos fundamentales en los sistemas de producción que se enfocan en los mayores niveles de productividad, competitividad y sostenibilidad. Un agronegocio se puede considerar como un sistema integrado de negocios, en donde se considera a la agricultura (vegetal, animal, acuícola y forestal) como un sistema de cadenas de valor centradas en satisfacer las demandas del consumidor [5].

El equilibrio entre la energía sostenible y la seguridad alimentaria, está favorecido por las propuestas de energía renovable y los sistemas integrados de producción de energía y alimentos, adicionalmente, pueden contribuir a la creación de empleo, la igualdad de género, la resiliencia y la adaptación al clima. Este nuevo modelo, que integra la energía solar y la agricultura, tiene su expresión más emblemática en los sistemas agrivoltaicos [6].

Variadas tareas agropecuarias están beneficiadas con el uso de la energía solar fotovoltaica (FV), entre ellas resaltan la mecanización del trabajo agrícola, los invernaderos solares, los sistemas de secado de cosechas y el desarrollo de plantas de purificación o desalinización de aguas, bombeo de agua, la preparación de las tierras y su fertilización, la producción animal, la infraestructura rural, los dispositivos ultrasónicos inteligentes para repeler insectos y la calidad de vida en el medio rural entre otras [3, 7].

Se ha acentuado la tendencia hacia el cambio de paradigma del agricultor-acuicultor, productor de alimentos y materias primas para la industria, al agricultor productor de energía, además de materias primas alimentarias y agroindustriales, lo cual fomenta la diversificación de la producción en el campo y la generación de nuevas fuentes de ingresos a los productores rurales. Para este propósito, un enfoque conjunto de la transición energética y de la transformación de los sistemas agrarios es crucial para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el Acuerdo de París sobre el Cambio Climático [4].

Desde otro punto de vista, esta investigación sobre el modelo de relaciones entre la energía solar fotovoltaica y los agronegocios, toca con varios objetivos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [8], aunado a que la Organización de las Naciones Unidas (ONU) a través del Programa 21[9], Capítulo 14, plantea como objetivo el “Fomento de la agricultura y del desarrollo rural sostenibles”, siendo la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) el organismo coordinador.

Considerando lo antes planteado, el objetivo de la presente investigación es desarrollar un modelo de relaciones entre los constructos de energía solar fotovoltaica y los agronegocios.

II. METODOLOGÍA

Para el estudio sobre los constructos agronegocios y los sistemas solares fotovoltaicos, se utilizó la metodología de dinámica de sistemas.

Según [10], la dinámica de sistemas es una metodología para la construcción de modelos de simulación para sistemas complejos. La dinámica de sistemas se aplica al estudio de sistemas no estructurados o blandos.

En dinámica de sistemas la simulación permite obtener trayectorias para las variables incluidas en cualquier modelo, sin embargo, estas trayectorias nunca se interpretan como predicciones, sino como proyecciones o tendencias. El objetivo de la dinámica de sistemas es comprender las causas estructurales que provocan el comportamiento de un sistema, a través del conocimiento de cada uno de sus elementos constitutivos y de las interacciones que se generan entre ellos. [11]. Esta comprensión normalmente debe generar un marco favorable para la determinación de las acciones que puedan mejorar el funcionamiento del sistema o resolver los problemas observados. La ventaja de la dinámica de sistemas consiste en que estas acciones pueden ser simuladas a bajo coste, con lo que es posible valorar sus resultados sin necesidad de ponerlas en práctica sobre el sistema real.

Una secuencia útil de actividades, para el diseño y validación de modelos de simulación que han de permitir decidir cuál de varias propuestas es más eficaz para solucionar el problema planteado, es la siguiente:

Creación del diagrama causal

- Definición del problema.
- Definición de las influencias de primero, segundo y tercer orden.
- Definición de las relaciones y bucles de realimentación.

Creación del diagrama de flujos y niveles

- Caracterización de los elementos.
- Escritura de las ecuaciones y asignación de valores a los parámetros.
- Creación de una primera versión del modelo y su estabilización.
- Identificación de los elementos clave.
- Simulación y validación.

Según [12], un software de simulación para este tipo de modelos es el Vensim PLE ® v. 5.10. que se utiliza para fines docentes y de investigación en la escuela de negocios del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y ha sido utilizado en esta investigación. Este software es una herramienta gráfica de creación de modelos de simulación que permite conceptualizar, documentar, simular, analizar y optimizar modelos de dinámica de sistemas. Vensim proporciona una forma simple y flexible de crear modelos de simulación, ya sea con diagramas causales o con diagramas de flujos [13]. En esta investigación sobre el modelo de relaciones entre los constructos agronegocios y sistemas solares fotovoltaicos, se presenta solo el diagrama causal, quedando para etapas subsiguientes, los diagramas de flujos.

Los diagramas de ciclos causales o diagramas de influencia son llamados así porque cada conexión muestra una relación causal. La creación del diagrama causal presenta la siguiente secuencia de pasos: definición del problema, determinación de los componentes del sistema, definición de influencias de primer orden, definición de influencias de segundo orden, definición de influencias de tercer orden, definición de relaciones, identificación de bucles de retroalimentación, depuración de influencias no relevantes y proposición de posibles soluciones al problema.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implantación de sistemas fotovoltaicos en las unidades de producción agrícola, para el desarrollo de los agronegocios, constituye un cambio de paradigma en la relación energía-agricultura, al pasar de ser una actividad consumidora neta de energía eléctrica a una actividad que es capaz de autoabastecerse de energía eléctrica e inclusive enviar excedentes a la red eléctrica local, provocando ahorros en los gastos energéticos propios del proceso de producción e inclusive, generar ingresos adicionales, por concepto de posibles ventas de los excedentes en energía producidas e incluso mejoras en sus procesos productivos al contar con mayor cantidad y calidad de servicios fotovoltaicos.

En este sentido, la energía solar podría impactar favorablemente en la producción agrícola, a partir de los diferentes tipos de servicio eléctrico y motivaciones de los productores agrícolas para instalar sistemas fotovoltaicos en las fincas. Se presenta un diagrama causal (Fig. 1) con las relaciones de interdependencia entre los constructos Agronegocios y Energía fotovoltaica a través del constructo Agroproducción diversificada.

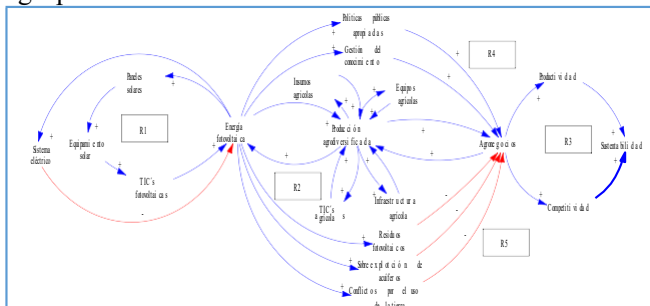


Fig 1. Diagrama causal de las relaciones de interdependencia entre los agronegocios y la energía solar fotovoltaica

Fuente: Elaboración propia

3.1. EL PROBLEMA

El problema en estudio consiste en la determinación de la brecha existente en los niveles de productividad, competitividad y sostenibilidad entre los agronegocios y unidades de producción convencionales que no cuentan con sistemas de energía fotovoltaica y los nuevos agronegocios y unidades de producción que generan su propia electricidad a través de sistemas de energía solar fotovoltaica y en algunos casos generan excedentes que vierten a la red eléctrica como un nuevo rubro de diversificación de su sistema productivo.

3.2. COMPONENTES DEL MODELO CAUSAL Y SU INTEGRACIÓN

En esta investigación, las principales constructos analizados son: la Energía fotovoltaica, la Agroproducción diversificada y los Agronegocios. Estas variables fueron seleccionadas con base a la revisión de literatura y la experiencia de los investigadores.

Los sistemas fotovoltaicos están integrados por: los paneles solares; los componentes solares, que incluyen inversores, baterías, reguladores, optimizadores, estructuras solares y todos los hardware necesarios para que el sistema solar funcione de manera óptima; las tecnologías de información y comunicación “TIC’s” solares, que incluye los softwares que integran los equipos y sistemas como un todo dentro del sistema fotovoltaico y su vinculación con la Agroproducción. Todo este constructo y sus componentes son influenciados por las características de la red eléctrica local.

La Agroproducción diversificada es un constructo que está integrado por las variables insumos agrícolas, hardware agrícolas, infraestructura agrícola y tecnologías de información y comunicación “TIC’s” agrícolas. Incluye la producción de alimentos, materias primas para la industria y la producción agroenergética.

Por su parte, el constructo Agronegocios en esta investigación, representa una integración equilibrada de los niveles de productividad, competitividad y sostenibilidad, que se pueden alcanzar en los Agronegocios, en su interacción con la Agroproducción diversificada y la Energía fotovoltaica.

Asimismo, se cuenta con dos constructos secundarios. En sentido positivo el constructo Dinamizador entre los cuales destacan en sentido positivo los procesos de gestión del conocimiento y las políticas públicas y, en sentido negativo el constructo Ralentizador conformado por los residuos fotovoltaicos, los conflictos por el uso del terreno y la sobreexplotación de acuíferos.

Todos estos constructos, componentes y elementos que integran las relaciones de interdependencia, tanto positivas como negativas entre los agronegocios y la energía solar fotovoltaica, se pueden observar en la Fig. 1.

En este diagrama causal los principales constructos están constituidos por 5 grupos de bucles o constructos. El grupo de bucles R1 o bucles del constructo Energía fotovoltaica (a la izquierda), el grupo de bucles R2 o bucles del constructo Agroproducción diversificada (en el centro) y el grupo de bucles R3 o bucles del constructo Agronegocios (a la derecha). Además, en el diagrama causal también se identifican dos constructos o grupo de bucles secundarios, denominado: grupo de bucles R4 o de bucles del constructo Dinamizador (en la parte superior) y el grupo de bucles R5 o del constructo Ralentizador (en la parte inferior). Estos cinco constructos y grupos de bucles se describen, analizan y discuten brevemente en los apartados subsiguientes.

3.3. GRUPO DE BUCLES R1 O DEL CONSTRUCTO ENERGÍA FOTOVOLTAICA

El grupo de bucles R1 “Energía fotovoltaica” está integrado por los paneles solares, los equipamientos solares y las TIC solares. Tiene su origen en un servicio eléctrico local no satisfactorio o por el contrario en un servicio eléctrico satisfactorio en una unidad de producción que está interesada en diversificar su actividad agregando el rubro agroenergético para tener una nueva fuente de ingresos o simplemente reducir sus costos energéticos y alcanzar así mayores niveles de productividad, competitividad y sostenibilidad. Si el sistema eléctrico local presta un servicio satisfactorio a las unidades de producción de manera confiable y a precios razonables, entonces no será necesario instalar equipos fotovoltaicos dentro de las unidades de producción agrícola (Fig. 2).

En esta figura se observa como las influencias de primer orden (aquellas que modifican directamente el comportamiento del problema en estudio. Las influencias de segundo orden, son aquellas que afectan a las influencias de primer orden y así sucesivamente, en el caso de las influencias de tercero y cuarto orden, si correspondiese) del constructo Energía fotovoltaica son en primer lugar el propio servicio eléctrico local, cuya relación es inversa (Fig. 1), lo cual quiere decir que los clientes del servicio eléctrico que están menos satisfechos con el mismo, son los más propensos a instalar plantas fotovoltaicas en sus unidades de producción y viceversa.

Luego se observa que la oferta de energía fotovoltaica que se inicia con el efecto fotoeléctrico de los paneles solares, es una relación directa, lo cual expresa que a mayor constructo Energía fotovoltaica, mayor será la potencia y cantidad de paneles solares requerida, y finalmente el propio desarrollo del constructo Agroproducción, cuya relación es directa también y señala que a mayor crecimiento del constructo Agroproducción diversificada mayor será el desarrollo de la Energía fotovoltaica, esto también es

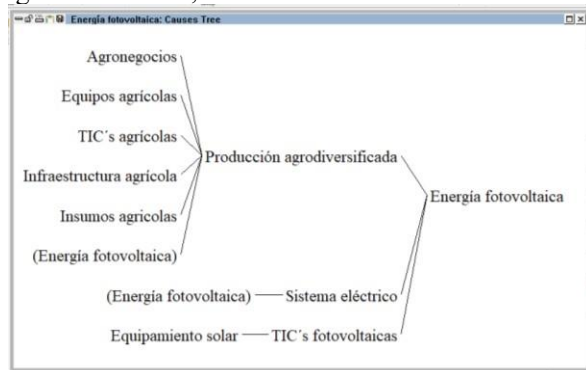


Fig. 2. Árbol de causas del constructo energía fotovoltaica
Fuente: Elaboración propia

influenciado en segundo orden por el constructo Agronegocios. Por tanto, a mayor desarrollo del constructo Agronegocios, mayor será el desarrollo del constructo Agroproducción diversificada y por ende se incrementará el constructo Energía fotovoltaica.

Una vez que la unidad de producción decide realizar la instalación de una planta de energía fotovoltaica, entonces el primer elemento en actuar son los paneles solares los cuales a través del llamado efecto fotoeléctrico convertirán la energía solar en energía eléctrica de corriente continua.

Esta energía es enviada a los equipos solares, entre los que destacan los inversores que la transforman en energía eléctrica de corriente alterna y luego esta energía corriente alterna es utilizada en las unidades de producción por luminarias, bombas eléctricas, refrigeradoras de leche, molinos eléctricos o tantos otros equipos eléctricos de corriente alterna que se utilizan en las unidades de producción agrícolas (Tabla 1, Loop Number 3).

Otra opción, es que la energía eléctrica de corriente continua se utilice directamente en equipos agrícolas que funcionan con corriente continua, tales el caso de las bombas de riego de corriente continua, llamadas también bombas de riego solar o en tractores eléctricos.

Por tanto, para esta investigación se asume como equipamiento solar a todo el conjunto de hardware que se utiliza en la industria de la energía solar entre los que destacan los inversores, las baterías, los reguladores, los optimizadores, las estructuras de soporte, el cableado, tornillería y todos los elementos físicos relacionados con su funcionamiento. A lo cuales se debe agregar los equipos eléctricos que funcionan con corriente continua, como por ejemplo las bombas de riego solar, que favorecen las labores de riego sobre todo en zonas en las cuales no hay tendido eléctrico.

TABLA 1
GRUPO DE BUCLES R1 DEL CONSTRUCTO ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Loop Number 1 of length 1 (+) Energía fotovoltaica Producción agrodiversificada	Loop Number 6 of length 3 (+) Energía fotovoltaica Residuos fotovoltaicos Agronegocios Producción agrodiversificada
Loop Number 2 of length 1 (+) Energía fotovoltaica Sistema eléctrico	Loop Number 7 of length 3 (-) Energía fotovoltaica Sobreexplotación de acuíferos Agronegocios Producción agrodiversificada
Loop Number 3 of length 3 (+) Energía fotovoltaica Paneles solares Equipamiento solar TIC's fotovoltaicas	Loop Number 8 of length 3 (-) Energía fotovoltaica Políticas públicas apropiadas Agronegocios Producción agrodiversificada
Loop Number 4 of length 3 (+) Energía fotovoltaica Conflictos por el uso de la tierra Agronegocios Producción agrodiversificada	
Loop Number 5 of length 3 (-) Energía fotovoltaica Gestión del conocimiento Agronegocios Producción agrodiversificada	

Fuente: Elaboración propia

Otro componente del bucle fotovoltaico está representado por las tecnologías de información y comunicación que se aplican en la industria de la energía solar. Por ejemplo, en el mercado se están ofreciendo softwares y elementos de supervisión de los sistemas fotovoltaicos y su integración con

la red eléctrica, que permiten monitorear la producción eléctrica fotovoltaica, el consumo eléctrico de la unidad de producción, la cantidad de energía almacenada en baterías y todas las operaciones que requieren de electricidad dentro de una unidad de producción.

En otro sentido, en la Fig. 3, se presenta el árbol de consecuencias del constructo Energía fotovoltaica, observándose en primer orden su efecto positivo y directo con el constructo Agroproducción diversificada, y en consecuencia, sobre el constructo Agronegocios, por la tanto se infiere que existe una relación de interdependencia entre estos tres principales constructos del modelo causal (Fig. 1).

De igual manera, se observa como el constructo Energía fotovoltaica tiene una influencia positiva y de primer orden sobre la red eléctrica local, así como también sobre los componentes del constructo Dinamizador a saber políticas pública y gestión del conocimiento, así como también sobre el constructo Ralentizador integrado por los componentes residuos fotovoltaicos, sobreexplotación de acuíferos y conflictos por el uso de la tierra. La relación del constructo Energía fotovoltaica es positiva y directa con todos estos componentes, lo cual significa que en la media que se desarrolle el constructo Energía fotovoltaica mayor será el desarrollo de las políticas públicas fotovoltaicas, la gestión del conocimiento y la innovación en esta industria, así como también el crecimiento de los conflictos por efecto de la gran cantidad de residuos fotovoltaicos que se van generando, la sobreexplotación de acuíferos utilizados en el riego de los cultivos por contar con energía abundante y barata. Finalmente se incrementarán los conflictos por el uso y ocupación del territorio.

En segundo orden, la influencia del constructo Energía fotovoltaica sobre los elementos de los constructos Dinamizador favorecerán el desarrollo del constructo

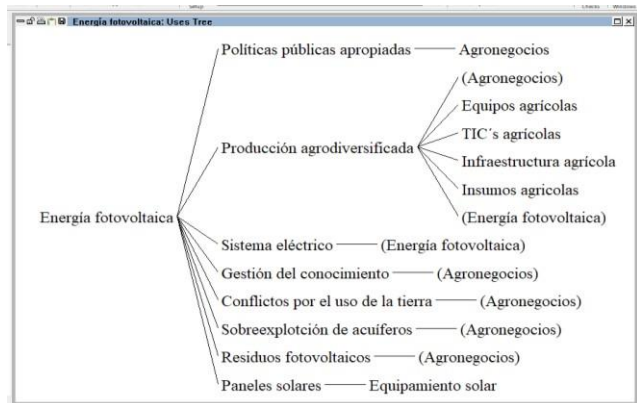


Fig. 3. Árbol de consecuencias del constructo Energía fotovoltaica
Fuente: Elaboración propia

Agronegocios si las políticas públicas y la gestión del conocimiento en la innovación avanzan adecuadamente en los países, regiones y localidades donde se están instalando las plantas de energía fotovoltaica. Por el contrario, si estas políticas no fuesen favorables y no hubiese mecanismo para

transmitir los activos de conocimiento relacionados con la tecnología fotovoltaica, entonces el desarrollo del constructo Agronegocios será lento o inclusive negativo.

También tendrá una influencia de segundo orden el constructo Energía fotovoltaica sobre el constructo Agronegocios a través del constructo Conflictos fotovoltaicos en este caso, la relación es inversa, por el efecto negativo de los residuos fotovoltaicos, de la sobre-explotación de los acuíferos utilizados en riego y finalmente por los conflictos por el uso del territorio. Si estos elementos aumentan, entonces disminuyen los agronegocios y la energía fotovoltaica.

En cuanto al grupo de bucles de retroalimentación relacionados al constructo Energía fotovoltaica, se determinó según lo que se observa en la Tabla 1 antes presentada, que el mismo cuenta con 8 bucles de retroalimentación, 4 positivos y 4 negativos, lo cual permite inferir que el modelo flujos y niveles a elaborar será equilibrado.

3.4. GRUPO DE BUCLES R2 O DEL CONSTRUCTO AGROPRODUCCIÓN DIVERSIFICADA

El grupo de bucles R2 o de la Agroproducción diversificada tiene como los principales elementos que lo integran y lo causan, a los Insumos agrícolas, a los Hardware agrícolas, a la Infraestructura agrícola y a las TIC's agrícolas, vistos como los nuevos elementos que están surgiendo como parte de la interacción entre la Energía fotovoltaica, la Agroproducción diversificada y los Agronegocios (Fig. 1, Fig. 4, Fig. 5).

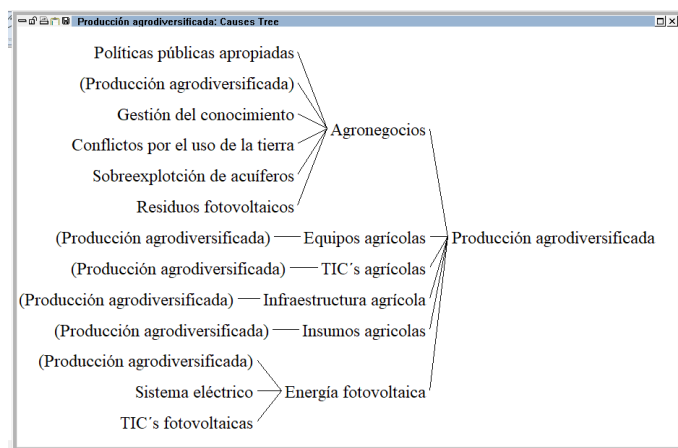


Fig. 4. Árbol de causas del constructo agroproducción diversificada
Fuente: Elaboración propia

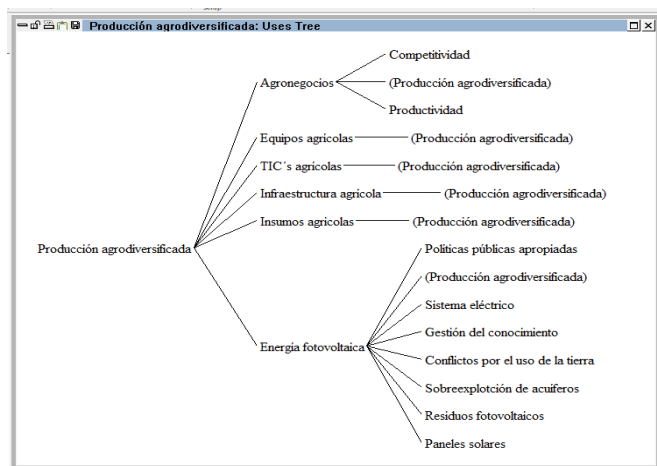


Fig. 5. Árbol de consecuencias del constructo Agroproducción diversificada
Fuente: Elaboración propia

En el caso de los insumos agrícolas la relación es directa, ya que el desarrollo de nuevos insumos agrícolas fotovoltaicos tendrán claramente influencia sobre el constructo Agroproducción diversificada (Fig. 4). El nuevo insumo fotovoltaico es precisamente la energía eléctrica de este origen de menor precio y suficiente para el desarrollo del proceso agroproductivo [14].

La energía eléctrica de bajo costo, suficiente para el desarrollo del proceso productivo permite brindar mejores condiciones de manejo a plantas y animales. Es decir la energía dejaría de ser un insumo limitante en la producción, cumpliéndose así la ley de los Mínimos de Liebig, que afirma que el crecimiento de la producción agrícola es controlado por el recurso más escaso.

El elemento Hardware agrícola está constituido por los equipos que se utilizan en las unidades de producción agrícola, que van a ser modernizados o se van adaptar a la nueva realidad de la energía fotovoltaica dentro del sistema productivo.

Igualmente, el desarrollo de una nueva Infraestructura agrícola de tipo solar, también tendrán una gran influencia sobre los sistemas de producción convencionales, un ejemplo emblemático se tiene en los sistemas de riego, los cuales generalmente tienen bombas que consumen mucha energía y representan un gasto operativo importante [15].

Otro elemento emblemático a considerar es el desarrollo del concepto y experiencias de tipo agrovoltaicas, en las cuales los paneles solares y los cultivos comparten el mismo espacio en los terrenos agrícolas. En este caso, por ejemplo, el efecto de las sombras que los paneles solares proyectan sobre los cultivos vegetales se pueden convertir en un elemento que afecta la manera convencional de producir, ya que las sombras tienen influencia sobre la fisiología del cultivo, el nuevo microclima por la acción de las sombras y difusión de la luz dentro del campo de cultivo [16].

Finalmente, las TIC's agrícolas también se verán influenciadas y al mismo tiempo afectarán la Agroproducción diversificada, lo cual se está acelerando, por ejemplo con el desarrollo de softwares en los campos de la administración de granjas, de gestión de sistemas de riegos en invernaderos y de gestión de sistemas fotovoltaicos, los cuales se podrán integrar para brindar utilidades múltiples para monitorear, mejorar, realizar correctivos en innovar en los sistemas de producción. Estos cuatro elementos: insumos, hardwares, softwares e infraestructura solar tienen una influencia directa y positiva hacia el constructo Agroproducción diversificada, la cual se retroalimenta a través en cada caso.

El constructo Agroproducción diversificada se encuentra entre la Energía fotovoltaica y los Agronegocios interactuando con ambos (Fig. 4). Está influenciado por un lado por el tipo de sistema fotovoltaico con el que cuenta la unidad de producción y por el otro lado por las características de los agronegocios y los niveles de productividad, competitividad y sostenibilidad de los mismos.

Las consecuencias del constructo Agroproducción diversificada se observan en la Fig. 5, destaca la relación de primer orden positiva y directa con el constructo Agronegocios y la relación de segundo orden positiva y directa de con los elementos competitividad y productividad. Lo cual permite inferir que en condiciones normales un incremento del constructo Agroproducción diversificada contribuirá con un aumento del constructo Agronegocios y de sus niveles de competitividad y productividad.

El constructo Agroproducción diversificada cuenta con 11 bucles de retroalimentación, 8 positivos y 3 negativos, destacando entre estos los que fueron analizados más en detalle en este epígrafe, en específico los bucles 2, 3, 4 y 5, relativos a los insumos, hardware, software e infraestructura fotovoltaica (Tabla 2).

3.5. GRUPO DE R3 O DEL CONSTRUCTO AGRONEGOCIOS

El grupo de bucles R3 o del constructo Agronegocios es el tercer componente que se presenta y analiza, pero al mismo tiempo el más importante en el enfoque de esta investigación, que tiene como problema en estudio la brecha existente en el desempeño de los agronegocios, medido a través de los niveles de productividad, competitividad y sostenibilidad de las unidades de producción que cuentan con una planta eléctrica de energía solar fotovoltaica y aquellas que no las poseen como soporte a sus sistemas agroproductivos.

Entre las causas de primer orden del constructo se destacan el constructo Agroproducción diversificada con una relación directa y positiva; los elementos de políticas públicas y gestión del conocimiento del constructo Dinamizador, con una relación directa y positiva y los elementos conflicto por el uso del territorio, residuos fotovoltaicos y sobreexplotación de acuíferos del constructo Ralentizador con una relación inversa

TABLA 2
GRUPO DE BUCLES R2 DEL CONSTRUCTO AGROPRODUCCIÓN DIVERSIFICADA

Loop Number 1 of length 1 (+) Producción agrodiversificada TIC's agrícolas	Loop Number 8 of length 3 (-) Producción agrodiversificada Energía fotovoltaica Políticas públicas apropiadas Agronegocios
Loop Number 2 of length 1 (+) Producción agrodiversificada Insumos agrícolas	Loop Number 9 of length 3 (-) Producción agrodiversificada Energía fotovoltaica Gestión del conocimiento Agronegocios
Loop Number 3 of length 1 (+) Producción agrodiversificada Infraestructura agrícola	Loop Number 10 of length 3 (+) Producción agrodiversificada Energía fotovoltaica Conflictos por el uso de la tierra Agronegocios
Loop Number 4 of length 1 (+) Producción agrodiversificada Equipos agrícolas	Loop Number 11 of length 3 (+) Producción agrodiversificada Energía fotovoltaica Residuos fotovoltaicos Agronegocios
Loop Number 5 of length 1 (+) Producción agrodiversificada Energía fotovoltaica	
Loop Number 6 of length 1 (+) Producción agrodiversificada Agronegocios	
Loop Number 7 of length 3 (-) Producción agrodiversificada Energía fotovoltaica Sobreexplotación de acuíferos Agronegocios	

Fuente: Elaboración propia

y negativa (Fig. 6). Estas relaciones ya fueron discutidas en los epígrafes anteriores.

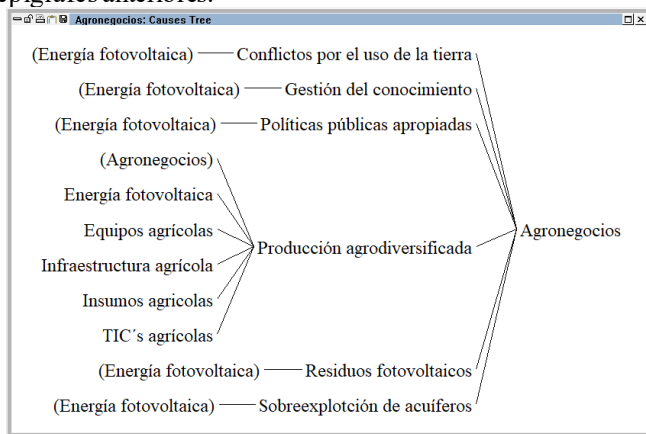


Fig. 6. Árbol de causas del constructo agronegocios
Fuente: Elaboración propia

Como se señaló anteriormente, para esta investigación los Agronegocios fotovoltaicos se definen como la integración equilibrada de las variables productividad, competitividad y sostenibilidad y su interacción con la Agroproducción diversificada y la Energía fotovoltaica. A continuación, se realiza un breve esbozo de los elementos mencionados.

La productividad, la competitividad y la sustentabilidad forman parte del árbol de consecuencias del constructo Agronegocios, según se observa en la Fig. 7. Aquí se puede identificar la relación de primer orden de tipo positiva y directa entre el constructo Agronegocios y los elementos productividad y competitividad; así como, una relación de segundo orden positiva y directa con el elemento sustentabilidad, siendo este último la cualidad más importante

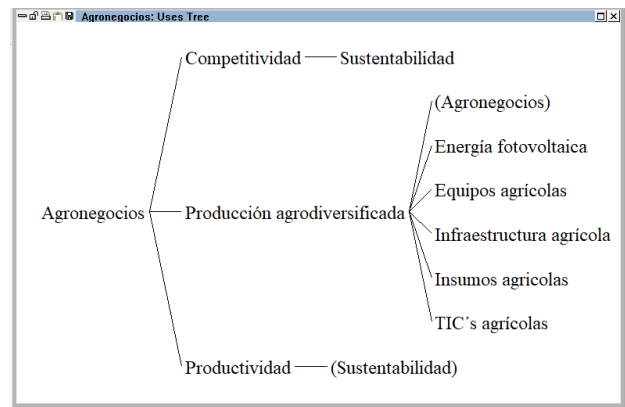


Fig. 7. Árbol de consecuencias del constructo agronegocios
Fuente: Elaboración propia

a desarrollar dentro del modelo causal, para una unidad de producción agrícola.

El elemento productividad se define como la eficiencia con la cual se desarrollan los procesos de producción en un sistema agrícola. Esta eficiencia puede ser medida en términos físicos o en términos económicos.

En términos físicos la eficiencia se puede medir a través de indicadores como el rendimiento en toneladas por hectárea de un cultivo como el tomate, litros de leche por hectárea o por vaca al día en una finca ganadera, toneladas de camarón por hectárea en piscinas acuícolas. Pero también se podría sustituir el recurso tierra que se mide en hectáreas por el recurso energía y medirlo en kWh y determinar la cantidad de producto agrícola (tomate, leche, camarones, etc.) por 1 kWh de energía aplicado a la producción. Esto permitiría a los gerentes e investigadores agrícolas contar con nuevos indicadores de gestión que integran producción agrícola y la energía.

Asimismo, en términos económicos la eficiencia se puede medir a través de indicadores de uso generalizado, tales como la rentabilidad, la relación coste-beneficio, costos unitarios de producción, utilidad y otros similares.

El elemento competitividad se define en esta investigación como la posibilidad que tienen los distintos productos generados por la agrodiversificación fotovoltaica en las unidades de producción de posicionarse con ventaja en los mercados, ya sea porque son menos costosos, son de mayor calidad y de mayor valor agregado o porque se dominan segmentos específicos del mercado ya sea alimentario, de materias primas agrícolas o energético.

En estas tres vertientes de producción agrodiversificada podría ampliar su participación en los mercados, si verdaderamente logra reducir de manera significativa los costos de producción energética, al tiempo que aumenta la productividad física. Si los mercados van tomando conciencia de la necesidad de consumir productos con menor huella de carbono o si estos rubros alcanzasen mayores precios en segmentos del mercado, como por ejemplo el de mercados ecológicos. Igualmente, la energía eléctrica fotovoltaica

producida dentro de la unidad de producción agrícola podría ser más competitiva en términos de seguridad, accesibilidad y economía en comparación que la de la red eléctrica convencional.

Finalmente, el elemento sostenibilidad, definida en esta investigación como la posibilidad del Agronegocio de perdurar en el tiempo, por contar con viabilidad económica, social y ambiental, desarrollándose de manera continua y permanente, afrontando los retos y oportunidades que dicha dinámica ofrece.

En términos económicos la producción agrodiversificada soportada en energía fotovoltaica sería capaz de perdurar en el tiempo en base a sus efectos favorables sobre la productividad y la competitividad.

En términos sociales esta interacción entre Energía fotovoltaica y Agronegocios podría generar productos alimentarios de mejor calidad a menores precios, lo cual podría beneficiar a grandes sectores de población con problemas de acceso a dichos bienes. En términos ambientales, la viabilidad podría ser obtenida si efectivamente se logra descarbonizar la matriz energética y reducir la huella del carbono en los productos agrícolas que ofrece.

Finalmente, el constructo Agronegocios tiene 6 bucles de retroalimentación, 3 positivos y 3 negativos (Tabla 3).

3.6. GRUPO DE R4 Y R5 DEL CONSTRUCTO DINAMIZADOR Y DEL CONSTRUCTO RALENTIZADOR

El grupo de bucles R4 o bucle Dinamizador está conformado por los elementos relativos a las políticas públicas y la gestión del conocimiento y la innovación en la relación entre la Energía solar fotovoltaica y los Agronegocios. El bucle Dinamizador se define como aquellos factores que podrán acelerar o ralentizar la interacción positiva existente entre la energía solar fotovoltaica y los agronegocios.

Las políticas públicas relacionadas a esta interacción “Fotovoltaica-Agronegocios”, se refieren al conjunto de medidas de carácter gubernamental, legislativo o judicial que pueden contribuir a acelerar o intentar detener el proceso de

implantación de sistemas fotovoltaicos en las unidades de producción agrícolas. A nivel global este proceso está siendo favorecido por los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el Acuerdo de París sobre el Cambio Climático [4].

Entre las medidas de políticas públicas que podrían acelerar el crecimiento de la Energía fotovoltaica en los Agronegocios, se encuentran normar la instalación de medidores bidireccionales de energía eléctrica, el desarrollo de mercados energéticos locales donde se pueden realizar transacciones de compra-venta de la Energía fotovoltaica producida, políticas tributarias relativa a los impuestos por fabricación, importación, instalación, operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos ya sea con fines de autoconsumo o con fines de venta al sistema eléctrico, normar la actuación de oferentes tradicionales de energía con los nuevos actores en igualdad de condiciones. Por el contrario, algunas medidas que podrían desacelerar el crecimiento de las energías fotovoltaicas en los Agronegocios es seguir subvencionado a los actores tradicionales del sistema eléctrico convencional, colocar mayores impuestos al desarrollo de la energía fotovoltaica, prohibir la venta de excedentes de energía fotovoltaica y medias similares. Se debe destacar que actualmente diferentes países, regiones y municipalidades están desarrollando políticas públicas con base a su propia realidad política, económica, social, ambiental, cultural y tecnológica [17].

En este mismo orden de ideas, el otro elemento que ha sido seleccionado para formar parte de este bucle Dinamizador es el de la gestión del conocimiento y la innovación la cual se define en esta investigación como la creación, almacenamiento, difusión, aplicación y protección de ciencia y técnica fotovoltaica orientada al desarrollo de los agronegocios en correspondencia con el aprendizaje tecnológico organizacional que se deriva de la interacción “Fotovoltaica-Agronegocios” [18].

El incremento de la eficacia de los paneles solares y la reducción de sus precios es una evidencia de los avances técnico-comerciales que están ocurriendo en el campo fotovoltaico. De igual manera ocurre con las funcionalidades y aplicaciones de los inversores fotovoltaicos, las baterías solares, las estructuras de soporte y el resto de componentes. Una experiencia que está alcanzando gran relevancia es la posibilidad de los paneles solares de compartir los mismos terrenos que la producción agrícola a través de la llamada producción agrovoltaje, lo cual incluye la posibilidad de desarrollar estructuras solares elevadas que permitan la producción agrícola sobre el suelo al tiempo que la producción agroenergética ocurren unos metros arriba en los paneles solares. Los posibles efectos positivos de estos nuevos sistemas de manejo de cultivos están siendo evaluados.

De manera inversa el grupo de bucles R5 del constructo Conflictos fotovoltaicos se define como un conjunto de posibles efectos no deseados o negativos que se podrán generar en la interacción “Fotovoltaica-Agronegocios” como

TABLA 3

GRUPO DE BUCLES R3 DEL CONSTRUCTO AGRONEGOCIOS

Loop Number 1 of length 1 (+) Agronegocios Producción agrodiversificada	Loop Number 4 of length 3 (-) Agronegocios Producción agrodiversificada Energía fotovoltaica Gestión del conocimiento
Loop Number 2 of length 3 (+) Agronegocios Producción agrodiversificada Energía fotovoltaica Sobreexplotación de acuíferos	Loop Number 5 of length 3 (+) Agronegocios Producción agrodiversificada Energía fotovoltaica Conflictos por el uso de la tierra
Loop Number 3 of length 3 (-) Agronegocios Producción agrodiversificada Energía fotovoltaica Residuos fotovoltaicos	Loop Number 6 of length 3 (-) Agronegocios Producción agrodiversificada Energía fotovoltaica Políticas públicas apropiadas

Fuente: Elaboración propia

resultado de una mala gestión de las tecnologías fotovoltaicas y los Agronegocios, la cual se vería desvirtuada por el desequilibrio entre los factores involucrados. Específicamente en esta investigación se hace referencia al manejo y disposición final de los residuos fotovoltaicos, la sobre-explotación de acuíferos y los conflictos por el uso del terreno.

El elemento residuos fotovoltaicos consiste el proceso de desincorporación de los componentes de fotovoltaicos una vez que han cumplido su vida útil, o que se dañan y necesitan ser remplazados o sencillamente entran en obsolescencia y son retirados del espacio original donde fueron instalados. Por tanto, deberían ser objeto de las prácticas de reducir, reutilizar y reciclar, en el marco de la llamada economía circular. Una posibilidad es enviar los componentes fotovoltaicos en buenas condiciones que se retiran de los sistemas fotovoltaicos por mantenimiento rutinario, desde los países más avanzados en este campo hacia los países en desarrollo que están iniciándose [19].

El segundo elemento del bucle Conflictos fotovoltaicos está representado por la sobre-explotación de los acuíferos como resultado de la posibilidad de que los productores agrícolas se beneficien de sistemas fotovoltaicos que suministren energía a muy bajos precios [20]. Esto podría llevar a ampliar las superficies de riego, lo cual debe ir de la mano de la posibilidad de los acuíferos de suministrar esa agua adicional requerida. De no tener esa capacidad los acuíferos podrían reducir su capacidad de recarga y salinizarse. Cuando en los sistemas de riego de cultivos la limitante ya no es la disponibilidad y el precio de la energía, esta restricción pasa a ser disponibilidad de agua en los acuíferos, tema que podría afectar negativamente la sustentabilidad de los sistemas agroproductivos.

El tercer y último elemento en este bucle de los conflictos fotovoltaicos [21] está representando por los conflictos en el uso de la tierra, lo cual va desde una visión pragmática de la ocupación de la superficie hasta una visión más estética sobre la modificación del paisaje agrícola, con la presencia masiva de paneles solares. Los cultivos han ocupado tradicionalmente el territorio en las zonas rurales y esa ocupación está teniendo una competencia por parte de los sistemas solares.

La gestión adecuada de estos conflictos para que no pasen a tener un efecto negativo sobre los agronegocios será resultado de unas políticas públicas acertadas y de procesos de gestión del conocimiento innovadores.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Existe una relación de interdependencia entre los constructos de agronegocios y energía solar fotovoltaica. Si se desarrolla esta relación de manera acertada, puede contribuir al incremento de los niveles de productividad, competitividad y sostenibilidad de las unidades de producción agrícola. Esta mejora se muestra en los bucles de

retroalimentación positiva que existen entre los constructos Energía fotovoltaica, Agroproducción diversificada y Agronegocios con base al diagrama causal diseñado y presentado que constituye una aportación original de este artículo.

- Las características del servicio eléctrico que recibe la unidad de producción agrícola y las motivaciones de sus propietarios son dos factores clave para que el agro-productor tome la decisión de instalar o no una planta de generación eléctrica del tipo fotovoltaica en la unidad de producción.
- Las unidades de producción agrícola que instalan un sistema fotovoltaico alcanzarán muy probablemente un mejor desempeño en el desarrollo en sus procesos de producción y agronegocios que aquellas unidades de producción que no lo poseen, generándose una brecha entre ambas situaciones, que permite visualizar el problema en estudio.
- La Agroproducción diversificada es un constructo indispensable para entender e integrar las relaciones de interdependencia entre la energía fotovoltaica y los agronegocios. Sin agroproducción no hay agronegocios, así como tampoco serían necesarios los sistemas de energía fotovoltaica si no existiese un proceso productivo que demande la electricidad como un insumo fundamental.
- Las políticas públicas y la gestión del conocimiento constituyen dos bucles de retroalimentación positiva que pueden acelerar o retardar los procesos de integración masiva de la energía fotovoltaica a los agronegocios a través de la agroproducción.
- La deficiente disposición final de los residuos fotovoltaicos, los conflictos por el uso de los terrenos y la sobreexplotación de los acuíferos con fines de riego, representan tres bucles de retroalimentación negativa que pudieran detener e incluso revertir, los avances en este proceso de interrelaciones.

Por tanto, se recomienda:

- Realizar estudios empíricos en unidades de producción agrícola que permitan verificar y comprobar la influencia de la instalación de plantas fotovoltaicas en las unidades de producción agrícola.
- El diseño y validación de un diagrama de flujos y niveles entre los constructos y elementos en estudio, representará una segunda fase de esta investigación.
- Profundizar en el estudio teórico y empírico de cada una de las relaciones directas e inversas que se plantean en este modelo causal de interrelaciones.

REFERENCIAS

- [1] International Renewable Energy Agency-IRENA. "Estadísticas de capacidad renovable", march 2020. Visible <https://www.irena.org/publications/2020/Mar/Renewable-Capacity-Statistics-2020-ES>. Recuperado 10.12.2021. ISBN: 978-92-9260-239-0.

- [2] International Energy Agency-IEA. Information notice found at Renewables 2021. Analysis and forecasts to 2026. Revised version December 2021. Available <https://iea.blob.core.windows.net/assets/5ae32253-7409-4f9a-a91d-493ffb9777a/Renewables2021-Analysisandforecastto2026.pdf>. Accessed January 8, 2022. 2021.
- [3] L. A. García-Marín. “La energía solar en la agricultura. Uso de la energía solar en la agricultura”. Especialización en Alta Gerencia. Universidad Militar Nueva Granada, Colombia, Bogotá. 2019. Visible <https://core.ac.uk/download/pdf/323366953.pdf>. Recuperado 16.02.2020.
- [4] International Renewable Energy Agency- IRENA and Agriculture Organization of the United Nations- FAO, “Renewable energy for agri-food systems – towards the sustainable development goals and the Paris agreement”, Abu Dhabi and Rome, november 2021. Available <https://doi.org/10.4060/cb7433en>. Accessed 15.12.2021.
- [5] Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura- IICA, “Desarrollo de los agronegocios y la agroindustria rural en América Latina y el Caribe: conceptos, instrumentos y casos de cooperación técnica”, San José, Costa Rica. 2010. Visible <http://repiica.iica.int/DOCS/B1708E/B1708E.PDF>. Recuperado 13.05.2021. ISBN13: 978-92-9248-193-3.
- [6] A. Velázquez, “Energía solar fotovoltaica y sustentabilidad en la agricultura del distrito de riego Altar-Pitiquito-Caborca”. Tesis Maestría en Desarrollo Regional. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Hermosillo, México. 123 pp. 2016. Visible https://www.academia.edu/39046406/ENERG%C3%8DA_SO_LAR_FOTOVOLTAICA_Y_SUSTENTABILIDAD_EN_LA_AGRICULTURA. Recuperado 30.12.2021.
- [7] B. Ranjitha, M. Nikhitha, M. Aruna, K. Afreen and B. Murthy B, “Solar-powered autonomous multipurpose agricultural robot using bluetooth/android app”. Paper presented at the 2019 3rd. International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA), pp. 872-877, 2019. doi:10.1109/ICECA.2019.8821919.
- [8] United Nations Development Program-UNDP, “Objetivos de Desarrollo Sostenible”. 2020. Visible <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-7-affordable-and-clean-energy.html>. Recuperado 15.11.2021.
- [9] United Nations Organization- UNO (sf). Programa 21, Capítulo 14. “Fomento de la agricultura y del desarrollo rural sostenibles”. Departamento de asuntos económicos y sociales. Visible <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/index.htm>. Recuperado 02.01.2022.
- [10] DEDALUS “¿Qué es la dinámica de sistemas?”. 2010. Visible <http://www.daedal.us/inteligencia-de-negocio/sistemas-complejos/dinamica-de-sistemas/que-es-la-dinamica-de-sistemas>. Recuperado 06.12.2010.
- [11] J. Forrester, “Dynamic models of economic systems and industrial organizations”, *System Dynamics Review*, vol. 19, no 4, pp. 329 – 345, 2003. DOI: 10.1002/sdr.284.
- [12] J. Martín, “Sysware”. 1a edición. Editor L'autor. Barcelona. España. pp. 315, 2007.
- [13] Vensim, “Guía sobre dinámica de sistemas”. Visiblen <http://www.dinamica-de-sistemas.com/vensim/guia>. Recuperado 05-10-2010. 2010.
- [14] J. Xue, “Economic assessment of photovoltaic greenhouses in China”, *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, vol. 9, p 033502. 2017a. DOI: 10.1063/1.4982748.
- [15] H. J. Jara Toro, “Diseño de un sistema de bombeo solar directo para riego por goteo en el distrito de Guadalupe – La Libertad”. Tesis para optar título de Ingeniero Mecánico Electricista. Universidad Señor de Sipán, Perú. 110 pp. 2021. Visible <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/9159>. Recuperado 23.02.2022.
- [16] P. Chauhan, “Agrovoltaic: A novel technology for doubling the income of farmers”. In Technologies and Sustainability of Protected Cultivation for Hi-Valued. Gujarat, India: Navsari Agricultura University. p. 215. 2018. Available <https://www.linkelin.com/pulse/agrovoltaic>. Accessed 11.07.2020.
- [17] J. Xue, “Photovoltaic agriculture - New opportunity for photovoltaic applications in China”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 73, pp. 1-9. 2017b. Available <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.098>. Accessed 29.01.2022.
- [18] M. Martínez-Soto, “Desarrollo de un modelo de gestión del conocimiento en la cadena de suministro de la industria agroalimentaria”. Tesis Doctoral en Administración de Empresas. Universidad Politécnica de Madrid, España. 291 pp. 2011. Visible https://www.researchgate.net/publication/260285669_Simulacion_mediante_dinamica_de_sistemas. Recuperado 04.02.2022.
- [19] S.E. Rodríguez-Blanco, “Plan de manejo para disposición final de paneles solares de Energía Integral Andina S.A”. Tesis para optar al título de Ingeniero Ambiental. Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia. 58pp. Visible https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/3246/Rodriguez_Blanco_Santiago_Eduardo. Recuperado 11.02.2022. 2018.
- [20] Agriculture Organization of the United Nations – FAO, “Buenas perspectivas para los sistemas de riego con energía solar”. Roma. 12.04.2018, Visible <https://www.elmundo.cr/mundo/fao-buenas-perspectivas-para-los-sistemas-de-riego-con-energia-solar>. Recuperado 22.12.2021. 2018.
- [21] M. Prados-Velasco, ¿Energías renovables o agricultura? “Un análisis de la percepción ciudadana sobre los huertos y latifundios solares en Andalucía”, *Nimbus*, pp 25-26, 2010. ISSN 1139-7136. Visible <http://repositorio.u.al.es/handle/10835/1464>. Recuperado 10.12.2021.