

FINTECHNIA un modelo de producción de alimentos de bajo impacto ambiental y costo energético en condiciones agroclimáticas del semidesierto

Sofía Estefanía Ojeda-López¹; Eduwiges Javier García-Herrera¹; Ismael Hernández-Ríos^{1*}; Alejandro Amante-Orozco¹; Armando Sánchez-Macías²

¹ Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. C. P. 78600.

² Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Coordinación Académica Región Altiplano Oeste, Coordinación Académica Región Altiplano Oeste, Carretera Salinas-Santo Domingo 200, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. C.P. 78600.

* Autor de correspondencia: ismaelhr@colpos.mx

LIMITANTES

Existe necesidad de investigación y educación sobre el uso de ecotecnias y su integración en modelos familiares de producción de alimentos, de tal forma que se asegure la viabilidad económica.

OBJETIVO

Diseñar un modelo de producción de alimentos que integre ecotecnias para reducir el costo energético, impacto ambiental y promueva la diversificación económica en unidades familiares bajo condiciones agroecológicas limitantes del semidesierto.

INTRODUCCIÓN

El semidesierto potosino-zacatecano se ubica en el Altiplano Mexicano y es una región de gran interés ecológico, económico y social, se caracteriza principalmente por sus condiciones ambientales que suelen ser extremas en ciertos periodos del año, donde la precipitación es baja e incluso llegan a registrarse años sin lluvias. A pesar de estas limitaciones, la región alberga una vegetación variada que, por sus diferentes características, es capaz de adaptarse a las condiciones de aridez, lo cual la convierte en un recurso que puede representar diferentes oportunidades de aprovechamiento, aunque comúnmente dicha ve-

Cómo citar: Ojeda-López, S. E., García-Herrera, E. J., Hernández-Ríos, I., Amante-Orozco, A., & Sánchez-Macías, A. FINTECHNIA un modelo de producción de alimentos de bajo impacto ambiental y costo energético en condiciones agroclimáticas del semidesierto. *Agro-Divulgación*, 5(3). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i3.533>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Diciembre 2025.

Agro-Divulgación, 5(3). Mayo-Junio. 2025. pp: 97-106.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



getación es un bien natural subutilizado. La fauna que habita el semidesierto presenta también adaptaciones destacables no solo para su supervivencia, sino también para la conservación de su hábitat. Un ejemplo es la hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum* Mayr), que es esencial dentro del ecosistema semidesértico por su importante papel en la polinización de especies como la *Yucca*. La importancia de esta región radica, además de en la biodiversidad y resiliencia de especies, en el potencial para la implementación de proyectos que busquen impulsar el desarrollo y crecimiento económico de manera sostenible. Por lo tanto, las comunidades rurales establecidas en el Altiplano Potosino-Zacatecano han desarrollado a lo largo del tiempo diversas adaptaciones socioculturales y económicas que les han permitido afrontar las condiciones climáticas del semidesierto, implementando estrategias como la producción familiar de alimentos y algunas otras alternativas de aprovechamiento de los recursos disponibles en la región, en las cuales, los sectores agrícola y pecuario son de gran importancia, ya que tienen la función principal de abastecer a las familias de recursos primarios que pueden ser consumidos, transformados o comercializados con el fin de satisfacer sus necesidades. (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI], 1997). Por lo anterior, aunque la economía mexicana desde hace ya décadas ha basado su crecimiento principalmente en actividades que pertenecen al sector terciario, la producción primaria conserva su impacto, ya que fomenta el desarrollo de otros sectores económicos y productivos que son de gran importancia para la economía nacional (Sosa-Urrutia *et al.*, 2017). En el estado de San Luis Potosí para el año de 2022, se registró una superficie de 6.1 millones de hectáreas correspondientes al área rural, centros de población, cuerpos de agua y vías de transporte. De éstas, solo cerca del 40% (2.2 millones de hectáreas) son ocupadas con fines de aprovechamiento forestal o agropecuario, el resto de la superficie (58.8%) no está ocupada por actividades agrícolas, pecuarias, forestales o de conservación. Asimismo, las unidades de producción agropecuaria sumaron un total de 203,256, de las cuales, 65,087 unidades se encuentran inactivas por diversas razones, además de ser la avena el principal cultivo producido en el estado (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2023a).

Por su parte, según el Censo Agropecuario 2022 de INEGI (2023b), se registraron en el estado de Zacatecas 7.4 millones de hectáreas que están destinadas al área rural, de las cuales solo 3.0 millones se reportan con uso agropecuario y 4.2 millones se encuentran desaprovechadas. Además, se contabilizaron 137,818 unidades de producción activas que suman una superficie de 1,469,437 hectáreas que se destinan al aprovechamiento agrícola y alrededor de 15,252 unidades que se encuentran inactivas. El cultivo principal reportado para este estado es el maíz forrajero, seguido de la avena forrajera, maíz de grano blanco, frijol y chile.

Estudios realizados señalan que las unidades de producción familiar (UPF) son especialmente importantes para fomentar la soberanía alimentaria en México, aunque deben ser tomados en cuenta los contextos sociales, económicos y demográficos de las regiones o localidades para poder adaptar estrategias de acuerdo con las necesidades de éstas. Destaca también que el agua es un elemento crítico para poder manejar estas unidades. Otros autores mencionan incluso que pueden existir diferentes técnicas y estrategias para generar ingresos en las UPF debido a que los productores diversifican

y racionalizan sus actividades. Además de que dichas unidades son elementales para combatir la pobreza considerando su diversidad social y constituyen también posibilidades y alternativas de producción sustentables a comparación con la agricultura que se encuentra industrializada.

Por otro lado, en estudios previos basados en análisis económicos de actividades de producción pecuaria, son considerados aspectos económicos como costos, ventas, inversiones e ingresos anuales tanto de la producción pecuaria como de otras fuentes de ingresos que puedan ser obtenidos de diversas actividades que se lleven a cabo en las unidades de producción familiar, todo esto con el fin de predecir comportamientos de precios e insumos necesarios para generar ingresos económicos (Orona-Castillo *et al.*, 2013). Häubi-Segura & Gutiérrez-Lozano (2015) señalan que existen aún áreas de oportunidad en las UPF para el aprovechamiento de los recursos, productos y subproductos que de ellas se obtienen. Además de resaltar la importancia de la capacitación para el empleo de nuevas tecnologías de producción y el apoyo de instituciones, servicios y programas sociales.

Modelos como AgriCom describen el impacto de la gestión de proyectos para la mitigación de problemáticas comunes que impactan la rentabilidad en las actividades económicas. Para ese caso, se instalaron cultivos de nopal e higo (considerados por su disposición productiva en la región), en comparación con un cultivo de maíz, y se midió la sostenibilidad a partir de indicadores económicos y otros índices de cuantificación.

Algunas de las limitantes que pueden presentar las UPF, y por las cuales pueden permanecer inactivas, se describen en la Figura 1, que representa un diagrama causal tipo Ishikawa (cola de pescado) donde, por la parte superior, se describen los principales problemas que representan limitantes para la producción en áreas rurales y por la parte inferior se encuentran algunas soluciones. Cada apartado, con sus respectivas consecuencias:



Figura 1. Diagrama causal tipo Ishikawa de limitantes y soluciones para la diversificación productiva y económica en áreas rurales. Elaboración propia.

Comenzando de lo general a lo particular para entender la complejidad de este tipo de sistemas, la limitante principal descrita en el diagrama está relacionada con el ecosistema al que pertenecen estas áreas rurales siendo la escasez de agua, las temperaturas y el tipo de suelo, elementos que interfieren con la productividad de las unidades. Aunque no todas las áreas rurales se encuentran en marginación, existen aún problemáticas de acceso a servicios básicos en muchas de ellas, tanto en infraestructura y comunicación, como en salud y educación. Cabe recalcar que la migración ha representado un cambio significativo en la disponibilidad de mano de obra en estas áreas, el envejecimiento de la población dedicada a las labores del campo es cada vez más notorio, y se refleja, entre otras cosas, en la baja rentabilidad económica y racionalización de recursos que actualmente representan los sistemas de producción tradicionales.

Al fomentar el uso de tecnologías que busquen el equilibrio entre el desarrollo humano y la conservación del medio ambiente, pueden ser optimizados diversos recursos, tanto renovables como no renovables, para su aplicación sostenible. Esto puede incluir la implementación de energías limpias o renovables, técnicas de agricultura y ganadería actualizadas, aprovechamiento circular de recursos económicos o materiales, capacitación para los habitantes rurales y el acceso a subsidios y programas gubernamentales.

Con el objetivo de promover la diversificación económica en unidades de producción y la implementación de ecotecnias, fue diseñado el modelo FinTechnia, que consiste en la descripción y el análisis financiero de diferentes actividades y tecnologías planteadas con un enfoque ambientalmente sustentable, que son llevadas a cabo en una UPF ubicada en el estado de Zacatecas. Por su proceso productivo, estas técnicas se definen como ecotecnias y son desarrolladas y aplicadas con el objetivo de racionalizar y aprovechar los recursos disponibles de manera sostenible además de impulsar métodos de producción que involucren la aplicación de energías renovables y prácticas amigables con el medio ambiente (Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos indígenas 2016), El modelo pretende ofrecer opciones de implementación de diferentes ecotecnias que le permitan establecer estrategias de economía circular y generación de ingresos aprovechando responsablemente las características, extensión y riqueza natural del entorno y ecosistema en el que se desarrolla e incluso encontrar la manera de acceder a servicios básicos de poca o limitada asequibilidad.

En la Figura 2 se representa el esquema general que integra los principales componentes del modelo y sus interacciones. El modelo está basado en un proceso de planificación estratégica donde como primer paso deben identificarse los recursos disponibles en la región y aquellos que son de difícil acceso, además de analizar cuales son y cómo se comportan económicamente las actividades que se llevan a cabo en la unidad. Por lo tanto, es de gran importancia reconocer al productor o propietario como el principal actor en este paso, ya que es quien nos proporcionará la información necesaria para realizar el diagnóstico correspondiente. Enseguida deberán plantearse los objetivos que pretenden alcanzarse en la unidad según las preferencias del productor, donde se tomará en cuenta una periodicidad, relevancia y métodos de evaluación que resulten coherentes y alcanzables, esto con el fin de establecer estrategias acertadas que nos permitan obtener los mejores resultados.

Pregunta simple	Pregunta de investigación	Título	Objetivos	Variables	Análisis estadístico	Discusión	Propiedad intelectual (productos)
1. ¿Qué tan sostenible es el uso de las ecotecnias en unidades de producción de alimentos familiares?	Evaluar el uso de las ecotecnias en unidades de producción de alimentos en áreas rurales	Evaluación del uso de ecotecnias en unidades rurales de producción de alimentos	Determinar la eficiencia, técnica, financiera, ambiental y social del uso de las ecotecnias en modelos rurales de producción de alimentos. Diseñar un modelo de implementación de aplicaciones de módulos ecotécnicos.	Estufa ecológica (menor cantidad de leña usada), celda solar (menor uso de energía alterna), biodigestor (número de esteros de leña (1m ³) no usada por gas producido), Litros de biomasa biodegradada cada mes, número de litros de gas metano producido), lombricomposta y composta (rendimiento del cultivo en kg de nopal verdura, reducción de insumos nutrimentales externos). Tasa interna de retorno, R/BC, VAN, Rendimientos de cultivo, precio de venta, costo de producción. Número de personas auto empleadas, número de jornales producidos, dispersión económica. Edad, escolaridad, genero, actividad principal (relevo generacional).	Análisis descriptivo (mediadas de tendencia central, dispersión, gráficas), prueba de hipótesis (ANOVA). Análisis multivariado (CPI). Análisis financiero Análisis gráfico de relevo generacional, genero, escolaridad, actividad.	Relacionar los rendimientos de los cultivos con y sin ecotecnias, abordar la generación de empleo local rural y la dispersión económica vía los jornales, determinar los índices de rentabilidad del modelo con y sin ecotecnias. Abordar el relevo generacional, niveles de escolaridad que determina la adopción e induce innovación.	Artículo científico, de Divulgación y sobre todo un modelo de producción de alimentos en el entorno rural con uso de ecotecnias.
2. ¿Puede lograrse la viabilidad económica en las Unidades de Producción de Alimentos (UPAs) con base en la aplicación de ecotecnias y diversificación de actividades?	Identificar las condiciones que determinan la viabilidad económica en las UPAs de áreas rurales.	Evaluación de la viabilidad económica en las Unidades de producción de alimentos con base en la aplicación de ecotecnias y diversificación de actividades.	Evaluar la factibilidad económica de las UPAs rurales con base en la aplicación de ecotecnias y diversificación de actividades. Determinar la sostenibilidad ambiental de las UPAs rurales con base en el uso de ecotecnias y gasto de energía. Identificar las limitantes y fortalezas de las UPAs rurales con base en indicadores sociales, económicos y ambientales.	Rendimientos, costos, amortización, depreciación, TIR, R/BC, VAN. Gasto energético y costo de inversión por cada ecotecnica comparada contra la unidad testigo. Número de empleo local generado, ingresos y utilidades, por actividad Gestión para el financiamiento Acceso a mercados. Encuesta: Relevo generacional: edad, genero, escolaridad, actividad principal de los usuarios. Superficie de la UPA, tenencia, agua. Nivel de aceptación y adopción de las ecotecnias.	Corrida financiera. Estadística descriptiva para gráficos, Anova entre la UPA y el testigo. Encuesta: Gráficos y multivariada correspondencia Correlación de Pearson	Comparar la UPA con ecotecnias y sin ella, determinando las variables de mayor peso estadístico que determinan su viabilidad económica. Identificar el nivel de aceptación y adopción, relevo generacional, contra edad, genero, escolaridad y financiamiento.	Artículo científico, divulgación, Tesis, Congreso. Modelo de diversificación con integración de sectores
3. ¿Qué tan beneficioso es el uso de energías renovables en las comunidades rurales?	Evaluar los beneficios sociales, ambientales y económicos de la aplicación de tecnologías de energía renovable en comunidades rurales.	Evaluación socioeconómica y ambiental de innovaciones energéticas en comunidades rurales.	Determinar y comparar la efectividad de la implementación de energías renovables en contraste con la energía alterna.	Ingreso económico Salud Escolaridad Apoyo gubernamental Numero de habitantes Infraestructura existente Subsidios Regulaciones Autonomía energética Disminución de costos Generación de empleos	Análisis descriptivo de antes y después de la adopción. Pruebas t de muestras pareadas de ingresos y calidad de vida Análisis multivariado para determinar qué factores presentan mayor efecto.	Identificar los impactos del empleo de energías renovables en comunidades rurales, así como su viabilidad geográfica, la capacitación técnica local y la inversión inicial necesaria. Evaluar el sesgo regional de opción-necesidad	Artículo científico, divulgación, Revisión sistemática sobre los impactos socioeconómicos de energías renovables en zonas rurales. Artículo sobre modelos híbridos (solar-eólica-biomasa) adaptados a contextos rurales.

VARIABLES DE ESTUDIO	DESCRIPCIÓN	TIPO DE VARIABLE	ESCALA
Ocupación	Se le preguntó al participante su ocupación para identificar qué actividad económica es la principal en su unidad.	1=Agricultor 2=Jornalero 3=Ganadero 4=Desempleado 5= Otro	Nominal Cualitativa
Vivienda	Se le preguntó al participante sobre su vivienda para identificar si genera gastos extras en cuanto a propiedad.	1=Propia 2=Rentada 3=Prestada 4=Otro	Nominal Cualitativa
Acceso al agua	Con el fin de determinar el grado de acceso al recurso hídrico, se planteó la pregunta que determinaría cual es la fuente principal de acceso al agua de la unidad.	1=Red pública 2=Toma de la comunidad 3=Pozo o noria 4=Otro	Nominal Cualitativa
Tenencia de la tierra	La pregunta se planteó para determinar el papel de instituciones ejidales y apoyos otorgados para la ocupación de las tierras.	1=Propia 2=Ejidal 3=Renta	Nominal Cualitativa
Energía empleada	Se les cuestionó a los participantes la fuente de energía principal empleada en sus unidades para distintas actividades	1=Energía alterna 2=Energía solar o eólica 3=Derivados del petróleo 4=Leñas 5=Otro	Nominal Cualitativa
Fuentes de ingreso	Se hizo una pregunta que permitiera identificar si la subsistencia de las unidades depende solamente de lo que ahí se produce o se involucran diversos recursos que provienen de fuentes externas	1=Ocupación 2=Pensión 3=Apoyos gubernamentales 4=Remesas	Nominal Cualitativa
Tipo de Ecotecnia	Esta clasificación se establece para identificar que ecotecnias representan la generación de productos para autoconsumo o comercialización. Y cuales significan ahorro energético y monetario.	1=Generadora de energía 2=ahorradora de energía	Nominal Cualitativa
Tasa Interna de retorno	Tras la evaluación de las ecotecnias a través de las proyecciones, este indicador financiero es útil para complementar al VAN y ayudar con la toma de decisiones respecto al orden de implementación de las mismas.	1=Optima 2=Subóptima 3=Neutral	Nominal Cualitativa
Relación costo beneficio	Tras la evaluación de las ecotecnias a través de las proyecciones, este indicador financiero es útil para complementar al VAN y TIR para ayudar con la toma de decisiones respecto al orden de implementación de las mismas.	1=Optima 2=Subóptima 3=Neutral	Nominal Cualitativa
Valor actual neto	Tras la evaluación de las ecotecnias a través de las proyecciones, este el indicador financiero principal a tomar en cuenta para la toma de decisiones respecto al orden de implementación de las mismas. Y las pruebas de comportamiento no lineal.	1=Optima 2=Subóptima 3=Neutral	Nominal Cualitativa

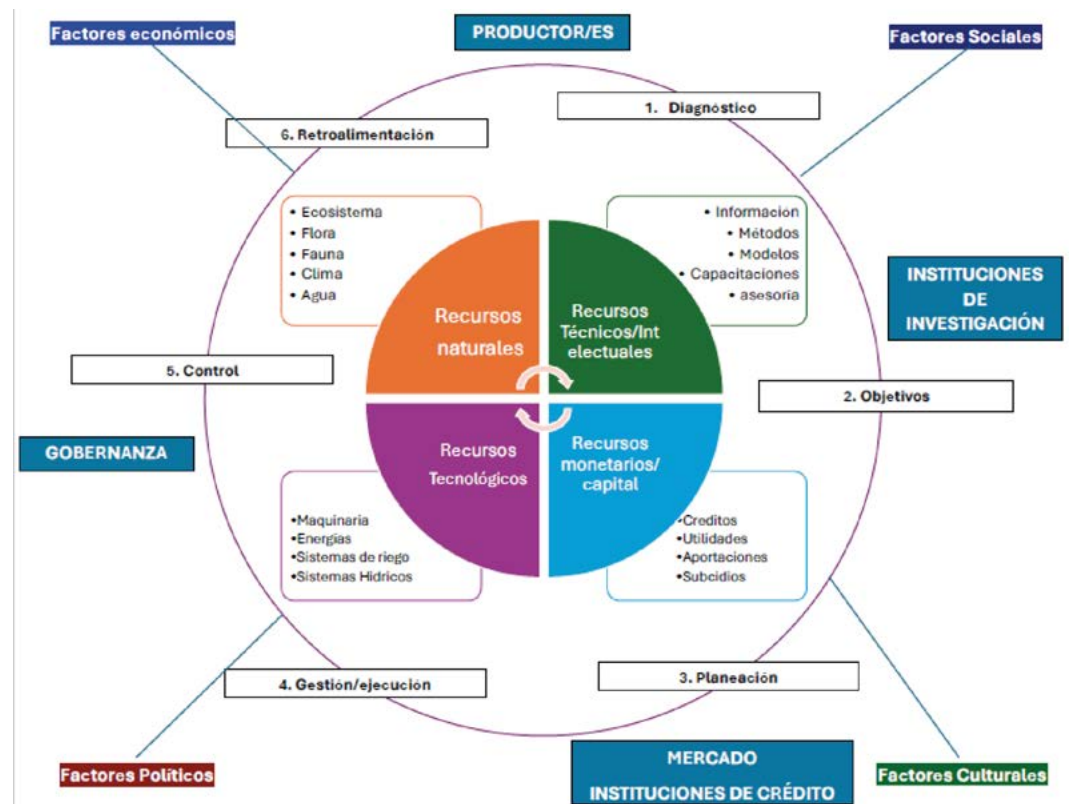


Figura 2. Composición general del Modelo FinTechnia. Fuente: elaboración propia.

La etapa de planificación, que procede del establecimiento de los objetivos, describe los métodos y estrategias necesarias para el cumplimiento de los mismos. Desde la ministración de recursos naturales y monetarios, hasta el cumplimiento de normativas políticas y sociales. Lo anterior, con el propósito de reducir lo máximo posible la incertidumbre en cuestión de riesgos que pudieran afectar tanto interna como externamente a la unidad de producción y a quienes forman parte de ésta. Cabe recalcar que en este paso del proceso, debe establecerse el orden de implementación más conveniente de los módulos y ecotecnias, previamente analizados, con ayuda de métodos e indicadores financieros que nos permiten hacer una comparación en cuanto a la rentabilidad de cada tecnología propuesta para tomar una decisión que resulte viable para la unidad. La ejecución de los planes se basará en los pasos anteriores y serán considerados, para su posible participación, actores externos como lo pueden ser instituciones de investigación, universidades, el gobierno, el mercado, e incluso el entorno social al que pertenece la unidad. Debido a que pueden aportar diversos recursos, conocimientos, métodos e insumos, que quizá no se obtengan fácilmente en la unidad o la región, lo que ampliaría las oportunidades productivas de la misma. Además, deberá llevarse a cabo un control tanto productivo como financiero de las actividades en ejecución para identificar logros, ineficiencias, limitantes y capacidades. Y lo más importante, la evaluación del cumplimiento y avance en los objetivos anteriormente.

Finalmente, en la etapa de la retroalimentación se determina si las estrategias que se establecieron resultan efectivas para la producción y rentabilidad. De no ser el caso, podrían ser replanteadas y planificadas de forma distinta priorizando la optimización de los recursos disponibles. Las oportunidades de reinversión y el seguimiento del orden de implementación establecido pueden ser consideradas en este paso del proceso de planeación del modelo.

A diferencia de otros modelos, el análisis financiero que se llevó a cabo para el desarrollo de este proyecto incluye no solo el análisis económico obtenido de la inversión inicial, ingresos y egresos de las actividades, sino que, con el objetivo de hacer cálculos robustos de la implementación de cada ecotecnia, se tomaron en cuenta proyecciones inflacionarias y análisis estadísticos MonteCarlo, además de predecir ciclos de producción y ahorro.

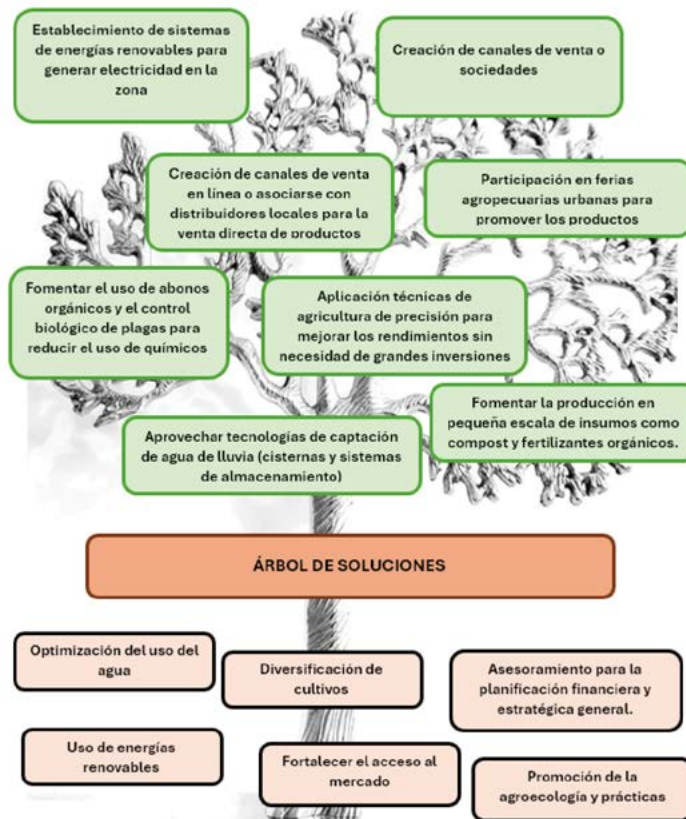
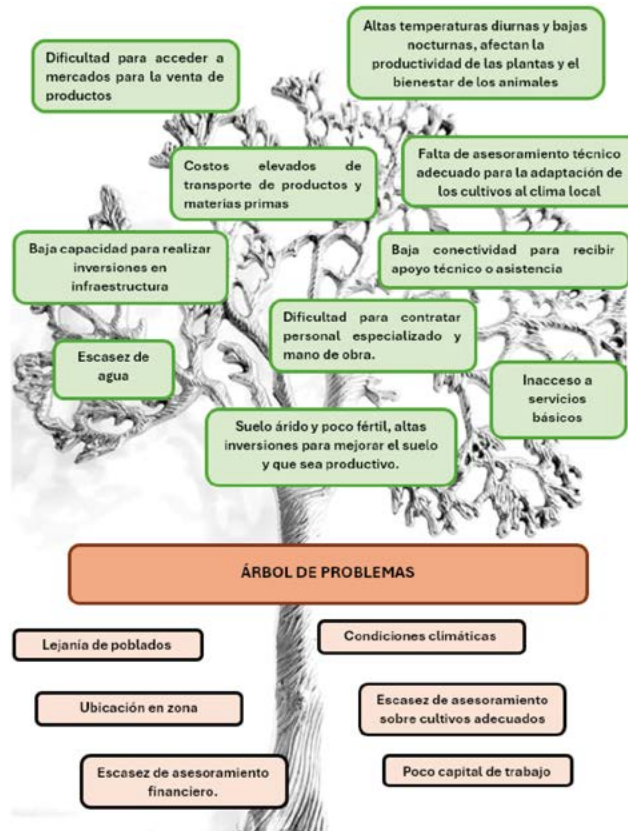
VALIDACIÓN DEL MÉTODO

Análisis estadístico sociodemográfico

- Muestreo no probabilístico bola de nieve
- Diseño estadístico de tipo transversal con recolección de datos cuantitativos en una sola medida.
- Empleo de frecuencias absolutas y relativas para la identificación de tendencias relacionadas con la vivienda, uso del agua, uso de energía y combustibles, principales actividades económicas y fuentes de ingresos.
- Análisis de datos con el software RStudio en su versión 4.2.2, Visual Studio, usando la extensión de Python y Excel.

Análisis financiero de las ecotecnias

- Recolección de datos de costos para determinar la inversión inicial de cada ecotecnia.
- Empleo de documentos de información financiera para organizar los datos de proyección y rentabilidad.
- Comparación de los indicadores financieros de Valor actual neto, Tasa interna de retorno y Relación costo-beneficio.
- Aplicación del análisis MonteCarlo para un análisis estadístico que represente el comportamiento no lineal de las variables aplicadas en las proyecciones financieras.



<p style="text-align: center;">ANALISIS FODA PARA “RANCHO EL MILAGRO”</p>	<p>OPORTUNIDADES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Existen múltiples financiamientos por parte del gobierno del estado de San Luis Potosí. 2. El clima regional resulta favorecedor para la reproducción de diversas frutas y hortalizas. 3. Existe oportunidad de establecer crianza de diversas especies que puedan adaptarse al medio ambiente. 	<p>AMENAZAS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Preferencia de mercado por la adquisición de productos industrializados o grandes cadenas comerciales. 2. Amenaza biológica por agentes patógenos, plagas o deficiencias nutricionales del suelo. 3. Alta variabilidad de los precios de compra.
<p>FORTALEZAS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hay disponibilidad de espacio físico (terreno) y pozo. 2. Se cuenta con experiencia en producción agrícola y pecuaria de algunos cultivos. 3. Se cuenta con apoyo de instituciones de investigación y ciencia para el asesoramiento técnico. 	<p>F1O2. Buscar la diversificación de actividades en la granja con el fin de obtener ingresos de distintas inversiones.</p>	<p>F2A2. Establecer calendarios y cronogramas de producción, así como sistemas tradicionales con algunas actualizaciones como la Milpa y criaderos.</p>
<p>DEBILIDADES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de actualización en la producción agrícola y pecuaria para el establecimiento de cronogramas de producción. 2. Se requiere de capital financiero y acceso a servicios básicos. 3. Poca disponibilidad de mano de obra por el tipo de trabajo, movilización migratoria y las tareas que se realizan. 	<p>D2O1. Gestión adecuada de apoyos gubernamentales y de financiamiento con el fin de que se adapten a las necesidades y que los montos estén dentro de la capacidad financiera y de liquidez de la unidad de producción familiar.</p>	<p>D1A2. Incorporarse a bolsas de trabajo locales y regionales para el reclutamiento.</p>

