



AVANCE

TECNOLÓGICO

Cultura, conocimiento y divulgación

34

EDICIÓN SEMESTRAL JULIO-DICIEMBRE 2024
ISSN: 2594-1089





Año 17, No. 34, julio – diciembre 2024, México,
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico
Superior de Libres, ISSN: 2594-1089

INFORMACIÓN LEGAL

Avance Tecnológico, año 17, No. 34, julio-diciembre 2024. Es una publicación semestral editada por el Instituto Tecnológico Superior de Libres, Camino Real S/N, Barrio de Tetela, Libres, Puebla, C.P. 73780, Tel. (276) 4730828.

www.libres.tecnm.mx
avancetecnologico@libres.tecnm.mx

Reserva de Derechos al uso exclusivo: 04-2017-081513312100-203, y con ISSN 2594-1089 aprobado por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Los artículos presentados expresan la opinión de sus autores y no representan forzosamente el punto de vista del Instituto Tecnológico Superior de Libres.

Se prohíbe estrictamente la reproducción total o parcial de este documento sin autorización expresa del Instituto Tecnológico Superior de Libres.

DIRECTORIO

C. Manuel Viveros Narciso
Secretario de Educación Pública

C. Gonzalo Amador Juárez Uribe
Subsecretario de Educación Superior

Mtro. Jorge Alfonso Martagón Mirón
Dirección General

Mtro. Moisés Fuentes Rodríguez
Dirección Académica

C.P. Fabián Rodríguez Cantero
Dirección de Planeación y Vinculación

Dr. Misael Mundo Coxca
Presidente del Consejo

Dr. Daniel Alejandro García López
Dra. Dulce María Martínez Ángeles
Dra. Mariana Lobato Báez
Dra. María Teresita del Niño Jesús Camacho Bernal
Dra. Martha Irene Bello Ramírez
Dr. Elmar Montiel Jiménez
Mtra. Sagrario Alejandre Apolinar
Mtro. Román Pérez Saldaña
Mtro. Ángel David Flores Torres
Mtra. Natalia Victoria Cerón
M.C. María Elena Hernández Luna
Ing. Patricia Amelia González Soto
Ing. Dante Baruch Báez Velazco
Consejeros de Contenido y Redacción

Mtra. Chantal Isabelle Herrera García
Lic. Julieta Román Juárez
Edición y Diseño de Publicación

ÍNDICE

- 2 Editorial**
- 3 Aprovechamiento del nopal en la región-8, Puebla: hacia una economía social y solidaria**
- 14 Evaluación de humaaan como mejorador de suelos en dos especies vegetales en la localidad de la Cañada, Libres, Puebla**

Editorial

Innovación y sostenibilidad agroalimentaria: un compromiso con el territorio

En el contexto actual de crisis ambiental, desequilibrio ecológico y retos económicos en el sector agropecuario, México enfrenta desafíos que exigen respuestas innovadoras, sostenibles y profundamente vinculadas a las realidades locales. La región del estado de Puebla, donde se encuentra ubicado el Instituto Tecnológico Superior de Libres, no es ajena a estos temas, pero refleja también su potencial para brindar soluciones con base en el conocimiento científico y tecnológico.

En esta edición de Avance Tecnológico, se presentan dos investigaciones que ejemplifican el compromiso de nuestra comunidad académica con el desarrollo sustentable del campo mexicano. La primera de ellas explora el aprovechamiento del nopal como cultivo estratégico para zonas áridas, destacando su bajo requerimiento hídrico, su capacidad de adaptación y su potencial para detonar procesos de industrialización local que fortalezcan la economía social y solidaria. Esta visión no sólo recupera saberes tradicionales, sino que los transforma en propuestas concretas de innovación productiva.

El segundo artículo aborda la urgente necesidad de restaurar la salud del suelo, proponiendo el uso de productos mejoradores como el “Humaaan”, cuya aplicación mostró efectos positivos en el desarrollo fisiológico de cultivos como el cilantro, además de mejorar la retención de humedad en el suelo. Esta línea de investigación abre la puerta a nuevas prácticas agrícolas que equilibran productividad con sostenibilidad, y que apuntan a una agricultura regenerativa ante el cambio climático.

Ambos trabajos coinciden en una perspectiva que resulta hoy indispensable: la innovación tecnológica no puede desvincularse de las necesidades sociales, económicas y ecológicas de los territorios. Desde el Instituto Tecnológico Superior de Libres reiteramos nuestro compromiso por impulsar una investigación con pertinencia, con enfoque regional, y con impacto real en la calidad de vida de nuestras comunidades.

El futuro del campo mexicano depende de nuestra capacidad para generar soluciones que respeten la tierra, dignifiquen a quienes la trabajan y transformen los desafíos en oportunidades. Los trabajos de investigación dispuestos en esta revista son testimonio de este esfuerzo.

Nota editorial:

Este número se publica por única ocasión de forma extraordinaria fuera del periodo establecido, como resultado de ajustes administrativos derivados del relevo en el cargo de la Subdirección de Investigación y Posgrado del Instituto Tecnológico Superior de Libres, lo cual está directamente relacionado con la presidencia del Consejo Editorial.



Aprovechamiento del nopal en la región-8, Puebla: hacia una economía social y solidaria

G. Vázquez López¹, S. Alejandre Apolinar¹, D.A. García López², D. M. Martínez Ángeles^{1*}

¹Departamento de Ingeniería en Gestión Empresarial, TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Libres, Camino Real S/N, Barrio de Tetela, C.P. 73780, Libres Puebla., México.

²Departamento de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable, TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Libres, Camino Real S/N, Barrio de Tetela, C.P. 73780, Libres Puebla., México.

*dulcemaria.ma@libres.tecnm.mx

Resumen: La región 8 del estado de Puebla, así como el país en general, enfrenta un desequilibrio ecológico, económico y social en el sector agropecuario; entre los principales problemas se identifica la falta de agua para riego, la desertificación y degradación del suelo. Ante este escenario surge como alternativa el cultivo de nopal por su adaptación a zonas áridas y baja demanda hídrica. El aprovechamiento del nopal puede ser un detonante para generar economía fomentando la industrialización y comercialización de productos de consumo. Bajo este enfoque, el presente trabajo se planteó explorar y desarrollar productos de consumo aprovechando las propiedades del nopal para generar una alternativa de industrialización y comercialización que fomente la economía social y solidaria. El trabajo se desarrolló en tres etapas, Etapa 1-Characterización y diagnóstico de la región para conocer su potencial en el cultivo y aprovechamiento de nopal, Etapa 2-Generación de propuestas de prototipos de consumo, y Etapa-3 Conclusiones y principales hallazgos de la investigación. A partir de esta exploración se comprobó que existen las condiciones en la región para incentivar el aprovechamiento del nopal, de la misma forma se propusieron cinco prototipos de productos de consumo basados en el nopal, adicionalmente se asesoró a productores interesados quienes también retroalimentaron el proyecto. Finalmente, se consideró que el proyecto tiene el potencial de detonar economía; así como ser el primer paso para transicionar hacia una

economía social y solidaria en la región-8 de Libres, Puebla.

Palabras Clave: agroindustria, sostenibilidad, agroecología

Abstract

Region 8 of the state of Puebla, as well as the country in general, faces ecological, economic and social issues in the agricultural sector; some of the main problems include lack of water for irrigation, desertification and soil degradation. Faced with this scenario, the cultivation of nopal emerges as an alternative due to its adaptation to arid areas and low hydric demands. The cultivation of nopal can be a trigger to generate business by promoting the industrialization and commercialization of consumer products. Under this approach, this work aimed to explore and develop consumer products considering the properties of the nopal to generate an industrialization and marketing alternative that promotes the social and solidarity economy. The work was developed in three stages, Stage 1-Characterization and diagnosis of the region to know its potential in the cultivation and use of nopal, Stage 2-Generation of proposals for consumption prototypes, and Stage 3-Conclusions and main findings of the research. From this exploration it was proven that the region has the potential to promote the use of the nopal, besides five prototypes of consumer products were developed based on the nopal, additionally, producers were instructed in the use of nopal meanwhile

they provide their feedback to the project. Finally, it is considered that the project has the potential to detonate the economy; as well as being the first step to transition towards a social and solidarity economy in region-8 of Libres, Puebla.

Keywords: agroindustry, sustainability, agroecology

Introducción

El nopal pertenece a la familia Cactaceae, dentro de esta familia se encuentra el género *Opuntia* sp. donde encontramos las diferentes especies que son cultivadas y explotadas principalmente para alimentación, entre las que podemos destacar *O. ficus-indica*, *O. amyclaea*, *O. streptacantha*, *O. megacantha*, *O. joconostle*, *O. leucotricha*, *O. lasyacantha*, *O. robusta* y *O. inermis*. Las especies del género *Opuntia* que son empleadas en alimentación reciben coloquialmente el nombre de "nopalitos" o "nopal verdura" (Domínguez López, 2017). En México, la mayor diversidad de nopal se encuentra en el noroeste, el Bajío, el centro del territorio, el valle de Tehuacán-Cuicatlán y el centro y norte del Altiplano. No obstante, desde la conquista española los nopales fueron llevados a Europa y gradualmente se han esparcido hasta encontrarse en la actualidad en regiones del mediterráneo en Europa, zonas desérticas de África, territorios asiáticos donde también se consume y ha llegado incluso hasta Australia (Saenz et al., 2017) México es considerado uno de los mayores centros de biodiversidad del planeta, esto incluye a las variedades del género *Opuntia*. Se estima que el género *Opuntia* presenta una diversidad aproximada de 220 especies, de las cuales entre 60 a 90 especies se encuentran en el territorio mexicano (CONABIO, 2023). Sin embargo, a pesar de la amplia diversidad de especies del género *Opuntia*, solamente entre 10 y 12 especies son aprovechadas, principalmente para producción de fruta, nopalitos para alimentación humana, como forraje animal, o para la producción de cochinilla para obtener colorante (Martínez Flores et al., 2021). Es importante también mencionar que un alto porcentaje del nopal sembrado en el territorio únicamente se aprovecha como cercas vivas para delimitar propiedades (Soria Melgarejo, 2015).

El medio ambiente donde se han adaptado este grupo de plantas son regiones subtropicales de clima seco que van del árido a semiárido, su supervivencia en estas zonas es debido a que son capaces de desarrollarse en lugares donde la precipitación pluvial apenas alcanza los 300 mm anuales (Domínguez López, 2017). Debido a que logran prosperar en regiones con baja precipitación, la presencia del nopal tiene importancia ecológica y ambiental ya que interactúa con la flora, fauna, clima y

el suelo de las zonas áridas. Los nopales tienen la capacidad de captar el rocío y almacenar agua en zonas áridas, por lo que son fuente de alimento para diversas especies animales y humanas, adicionalmente contribuyen a mantener el suelo ya que en sus raíces se encuentran micorrizas y bacterias nitrificantes que permiten mantener la salud del suelo en zonas con escasez de nutrientes (Martínez Flores et al., 2021). Por su resiliencia en ambientes con alta temperatura, heladas en invierno, altas concentraciones de CO₂ y baja precipitación; se considera un cultivo que no solo tiene potencial para promover la alimentación en regiones áridas, si no también, un cultivo necesario para responder ante el cambio climático ya que sobrevive con poca agua, mantiene la cobertura vegetal, no demanda tantos nutrientes y ayuda a recuperar la salud del suelo (Jorge et al., 2023).

En particular, la población de México tiene un vínculo ancestral con la planta, los habitantes del pueblo azteca fueron quienes le nombraron *nohpalli*, del náhuatl que se transformó en "nopal" con la llegada de los españoles. El nopal ha estado presente desde los primeros habitantes del territorio mexicano que lo aprovecharon ampliamente incluso durante la colonia de la Nueva España para obtener color carmín de la grana cochinilla. Desafortunadamente, desde entonces el nopal ha perdido gradualmente relevancia al limitarse a la alimentación y por ser remplazado en la dieta mexicana por otras hortalizas. No obstante, de manera reciente, el nopal comienza a ganar popularidad a nivel mundial debido a sus propiedades en la salud y por su transformación en nuevos productos, principalmente en los mercados asiáticos donde el consumo de nopal va en aumento.

De acuerdo al Sistema de Información Agrícola y Pecuaria (SIAP 2021), en México el cultivo de Nopal tiene una producción anual superior a ochocientas mil toneladas representando un 5.4% de la participación nacional de hortalizas. Los principales productores de nopal se encuentran al centro del país con Morelos, Ciudad de México, Estado de México y Puebla que juntos aportan más setecientas mil toneladas de producción. Adicionalmente, México es el principal productor y consumidor a nivel mundial de nopal con un promedio de consumo de 6.3 Kg anuales por persona. Por otro lado, la producción de nopal mexicano tiene amplio consumo en Estados Unidos, donde se alcanza un consumo mayor a las 50,000 toneladas. Aparte de Estados Unidos otros países demandan nopal debido a su bajo valor calórico, alto contenido en fibra y cualidades nutricionales (Santiago-Lorenzo et al., 2016); entre estos países podemos destacar, Corea del Sur, Países Bajos, Malasia, Alemania, Japón, República Checa, Arabia

Saudita, Bélgica, Canadá y Emiratos Árabes Unidos (SIAP, 2021). De este modo, existe un gran mercado potencial para el nopal y sus derivados, tanto dentro como fuera del país.

En la Región 8 de Libres Puebla, al igual que en el resto del país, el nopal es un producto poco valorado y su principal uso se limita como alimento. Es de destacar que un promedio el 80% de la producción de nopal no se aprovecha o es utilizada para cercar los terrenos. Parte de la problemática a la que se enfrentan los productores de nopal es el precio que se ofrece en el mercado, que puede ser tan bajo que en ocasiones se ven en la necesidad de regalarlo pese a los esfuerzos que se realicen. Otra problemática constante en la Región es la falta de agua para riego lo que limita la explotación de cultivos demandantes de este recurso. De este modo, el nopal emerge como un cultivo potencial en zonas áridas por sus beneficios como su bajo consumo hídrico; también se trata de un cultivo con el potencial para promover el desarrollo de zonas agrícolas áridas alienado su uso al Objetivo 8 de los ODS: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos.

Es debido a todos los beneficios que presenta el cultivo del nopal, que el presente trabajo planteó como objetivo explorar y desarrollar productos de consumo aprovechando las propiedades del Nopal (*Opuntia*). Para lo cual, se desarrolló mediante tres etapas de trabajo una plataforma como alternativa de industrialización y comercialización que fomente la economía social y solidaria, así como la vinculación con el sector productivo de la Región. Para lograr esto se buscó diagnosticar la zona de trabajo, proponer prototipos de productos de consumo, así como la vinculación con el sector productivo de la región. En este trabajo se comparten los principales hallazgos de esta investigación.

Material y métodos

Métodos y técnicas de investigación

La investigación se realizó considerando a los municipios que pertenecen a la Región 8 Libres del estado de Puebla, tomando como unidad de estudio a los productores de nopal de la misma. Posteriormente se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, en función de los productores que aceptaron trabajar en el proyecto, que fueron 80.

El enfoque aplicado a la investigación es de tipo mixto, ya que se recopila información cuantitativa y cualitativa mediante la aplicación de una encuesta que estuvo integrada por preguntas de opción múltiple, cuya

estructura estaba conformada por tres secciones: la primera estuvo enfocada a las condiciones bajo las cuales se produce el nopal, la segunda estuvo dirigida al aprovechamiento que se le da al nopal y en la tercera se preguntó sobre la situación de comercialización del nopal. Las encuestas se realizaron en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Libres, lugar donde los productores asisten para recibir asesoría y capacitación.

Una vez que se recopiló la información, se procedió a realizar el análisis estadístico mediante el uso del software estadístico SPSS en su versión 25, realizando análisis descriptivo que permitió enmarcar el diagnóstico referente a las condiciones de producción y comercialización del nopal en la región.

Para el desarrollo de productos derivados del nopal, se realizó la revisión documental de los productos existentes derivados del nopal, y posteriormente se utilizó el modelo de negocio CANVAS, que consistió en identificar aspectos tales como: propuesta de valor, segmento de clientes, canales de distribución, relaciones con los clientes, fuente de ingresos, socios clave, recursos clave, actividades clave y estructuras de costo.

Desarrollo de la investigación

Etapas 1 Caracterización y diagnóstico de la región para conocer su potencial en el cultivo y aprovechamiento de nopal: Se realizó una investigación documental, mixta y experimental para elaborar el diagnóstico del cultivo y aprovechamiento del nopal en la Región, utilizando las estadísticas de plataformas como el INEGI, así como los planes y programas de Desarrollo Regional Estratégico de la Región, se aplicaron herramientas de investigación como encuestas y entrevistas a los productores, se realizan recorridos de campo que soporten la información cualitativa y experimentación para el desarrollo de los prototipos.

Etapas 2 Generación de propuestas de prototipos de consumo: Se partió de una búsqueda documental para conocer productos ya existentes y alternativas para aprovechar el nopal. Posteriormente, se buscó desarrollar prototipos aprovechando las propiedades del nopal, así como explorar los modelos de negocio que permitan su incorporación al mercado.

Etapas 3 Conclusiones y principales hallazgos de la investigación: A partir del análisis de los resultados se convocó a una reunión de productores para compartir e intercambiar experiencias que permitieran orientar futuros trabajos.

Resultados y discusión

Etapas 1 Se realizó la caracterización y diagnóstico de la región para conocer su potencial en el cultivo y aprovechamiento de nopal

La Región 8 Libres, se localiza en la parte centro-norte del estado de Puebla, constituida por los municipios de Libres, Oriental, San Salvador el Seco, Nopalucan, Tepeyahualco, Rafael Lara Grajales, Cuyoaco, San José Chiapa, Soltepec, Ocoatepec y Mazapiltepec de Juárez, la Encuesta Intercensal del INEGI el año 2015, registró en la región un total de 188 mil 408 habitantes, 73.8% de la población de dicha región se encontraba en situación de pobreza, es decir más de 135 mil personas vivían con al menos una carencia social y con ingresos insuficientes para adquirir los bienes y servicios que requieren para satisfacer sus necesidades alimentarias y no alimentarias, que en comparación con el porcentaje registrado a nivel estatal, que es de 61%, significa que la región se encuentra 12.8 puntos porcentuales por encima del valor estatal, la encuesta también arrojó que el grado promedio de escolaridad en la región fue de 7.2, lo que significa que la población cuenta con más de la primaria concluida, cifra menor a la registrada a nivel estatal de 8.5.

En la región, el sector primario es la fuente de alimentación y sustento de muchas familias que habitan en comunidades rurales o que se encuentran muy alejadas de los núcleos urbanos, por esta razón el desarrollo rural de la región es uno de los pilares del crecimiento y del bienestar de la sociedad poblana, y el principal aportante del sector primario de la economía.

De acuerdo a cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), el valor de la producción agrícola en la región de Libres en 2018, ascendió a mil 420 millones 540 mil pesos, que representa 7.6% del valor de la producción en todo el estado; asimismo, de acuerdo con la misma fuente, durante ese mismo año, el volumen de la producción en la región fue de 578 mil 761 toneladas, es decir, aportó 3.5% al volumen de producción estatal; estos datos hacen evidente que la vocación productiva de la región es en mayor medida agrícola.

Las MiPyMES se enfrentan a problemáticas como limitaciones para operar y ser productivas, así como para sobrevivir en el corto y mediano plazo. De acuerdo a cifras del INEGI solo 5 de cada 10 empresas no sobreviven el primer año y conforme a la esperanza de vida de los negocios, se tiene una expectativa de 7.9 años, el 63% de las empresas no llegan a cumplir 5 años de vida y solo 15 de cada 100 empresas llegan a los 20 años. Esto evidencia la urgencia por adoptar medidas que mejoren el entorno en el cual se desenvuelven las

empresas, además de fortalecer las ventajas competitivas y propiciar el encadenamiento productivo.

El análisis anterior demuestra la necesidad de detonar unidades de negocio en cada uno de los municipios que a su vez se conviertan en motor de desarrollo. Respecto al valor agregado censal bruto por sector, actualmente el desarrollo económico de la región depende en un 59.1% de la industria manufacturera. Lo que refuerza la necesidad de vincular a los productores locales a cadenas globales de valor que les permita comercializar sus productos y darles acceso a mercados con mayor rentabilidad.

Diagnóstico

Con la información obtenida de fuentes primarias se realizó un análisis estadístico de la encuesta aplicada referente a la producción y usos del Nopal en la Región 8 Libres, utilizando el paquete estadístico SPSS en su versión 25.

En la Región, el sector primario es el principal aportante de la economía y uno de los pilares del crecimiento y bienestar, por ello se lleva a cabo un primer acercamiento con los productores de Nopal. En primera instancia, se identifican los factores que motivan a los productores a cultivar actualmente el Nopal, y en la Tabla 1 se aprecia que el factor económico resulta ser el principal con 44%. Cabe destacar que cultivan dos tipos de nopal: Opuntia (58%) y Nopalea (42%).

Tabla 1. Factores para ser productor de nopal

Económico	44%
Aprovechamiento	29%
Dar a conocer los beneficios del nopal	27%

De igual manera, se indaga sobre la experiencia de los productores en la producción de nopal, obteniendo en la Figura 1 que 49% de los productores lleva entre 2 y 5 años cultivando el nopal, mientras que solo 2% lleva más de 5 años produciendo. Esto puede indicar un reciente interés por la producción debido a las condiciones socioeconómicas de la región, donde se ve como una oportunidad económica como se señaló anteriormente.

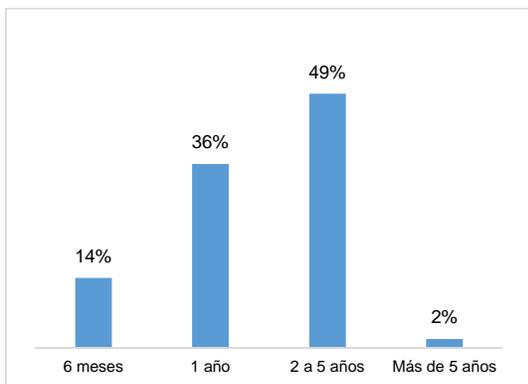


Figura 1. Tiempo cultivando el nopal

Con respecto a la experiencia que tienen los productores de nopal, la Tabla 2 muestra que 69% de ellos manifiesta contar con conocimientos empíricos, es decir, se han basado en los conocimientos heredados, o bien adquiridos mediante la práctica convencional en una tradición familiar.

Tabla 2. Experiencia en la agricultura

Conocimientos empíricos	69%
Conocimientos científicos	8%
Conocimiento doctrinal	17%
Nula	5%

Asimismo, la Tabla 3 presenta los insumos que los productores utilizan de manera convencional en la producción de nopal, utilizando principalmente cales y sales con 59%, seguido con 20% de agua, fertilizantes y pesticidas, lo cual refiere a uso de insumos de bajos costos.

Tabla 3. Insumos en la producción de nopal

Agua, fertilizantes, pesticidas	20%
Cales y sales	59%
Otros	17%
No contestó	3%

En este sentido, se identifica también la infraestructura con la que cuentan los productores para cultivar nopal, y en la Tabla 4 se aprecia que el 92% refiere solo a terrenos, lo cual remite a que solo se requiere de un espacio físico para potenciar la producción.

Tabla 4. Infraestructura para el cultivo de nopal

Terrenos	92%
Invernaderos y sistemas de riego	5%
Otros	3%

Por otro lado, la Figura 2 muestra que la mayoría de los productores (49%), disponen de la tierra, agua y

conocimientos para la producción, pero también cuentan con suficiente mano de obra e insumos agrícolas (31%).

No obstante, solo 7% dispone de los insumos económicos para la producción, y 14% dispone de todos los insumos descritos.

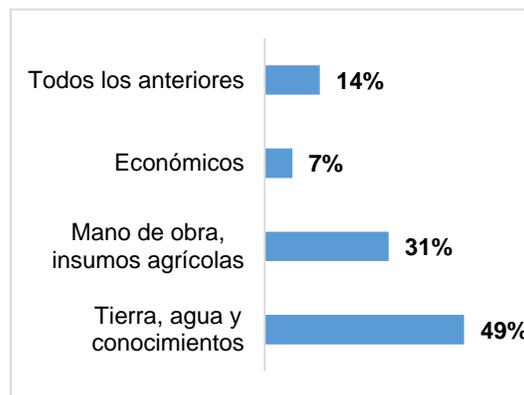


Figura 2. Recursos disponibles para la producción

Dentro de otras características identificadas destaca que 85% de los productores realiza agricultura orgánica, mientras 15% utiliza métodos convencionales. Este aspecto resulta ser muy importante, pues existe una conciencia ambiental hacia la preservación de los recursos naturales.

En el aspecto de la comercialización, 81% de los productores no conoce comercializadoras de nopal en la región, por lo que los precios promedio que se manejan en la región oscila entre \$10 a \$20 por kilo, dependiendo de las condiciones del clima y temporada de consumo; en realidad es un precio muy bajo. 63% de los productores conocen productos a base de nopal, principalmente la elaboración de tortillas.

Del diagnóstico anterior, se demuestra que el 100% de los productores indica que su mercado es meramente local, y que prácticamente se usa para consumo propio, o venta directa, ya que el costo en el mercado es muy bajo.

Etapa 2 Generación de propuestas de prototipos de consumo

El consumo de nopal destaca por sus propiedades nutritivas, las cuales incluyen elementos nutritivos como ácido ascórbico, vitamina E, carotenoides, fibras, aminoácidos y compuestos antioxidantes (fenoles, flavonoides, betaxantina y betacianina), a los que se atribuyen propiedades como hipoglucemia, hipolipidemia y propiedades antioxidantes (El-Mostafa

et al., 2014; Pérez-Vivar et al., 2024). También se han descrito propiedades funcionales del nopal, derivado del contenido de fibra dietética y de pectina. Por otro lado, se le han descrito propiedades medicinales, con efectos en control de la diabetes no insulino dependiente, como antioxidante, antiviral, anticancerígeno y como anticolesterolémico, lo que refuerza su propiedad de ser usado como alimento funcional y dentro de la medicina tradicional (Torres-Ponce et al., 2015, Maki-Díaz et al., 2015). Se ha reportado que las dietas ricas en consumo de nopal muestran beneficios en personas con diabetes, problemas cardiovasculares, con inflamación crónica y estrés oxidativo. Se considera que los beneficios del consumo de nopal son por la presencia de su alto contenido de fibra natural y por su poder antioxidante que ofrecen un efecto protector en la dieta de quien los consume (Del Socorro Santos Díaz et al., 2017).

Adicional a sus propiedades nutraceuticas y para la salud humana, también es posible explorar otros usos para el aprovechamiento del nopal. Trabajos de investigación orientados a diversificar los usos de esta planta han revelado que a partir de las partes vegetativas (cladodio, cáscara del fruto) y de la pulpa y semilla del fruto, es factible obtener una gran diversidad de compuestos químicos (aceites comestibles, vitaminas, azúcares, pectinas, colorantes, etc.) que pueden ser utilizados para elaborar una gran diversidad de subproductos, como jugos, néctares, vinos, licores, miel tipo maple, alcohol industrial, vinagres, aromatizantes, aceites para el consumo humano, pasta, harina forrajera, entre otros (CONABIO, 2023). Otros usos incluyen su aprovechamiento para alimentar ganado en regiones áridas como México, Túnez, Sudáfrica, Algeria, Marruecos, Líbano entre otros, debido a su alto contenido de agua, el nopal es una alternativa atractiva para alimentar ganado en regiones con escasez hídrica (Saenz et al., 2017).

Las propiedades y usos del nopal son abundantes Troudi (2021), sin embargo, para incentivar su consumo la mejor alternativa es su transformación en nuevos productos donde el nopal sea parte de los componentes o la principal materia prima. Ejemplo de esto se observa en la Tabla 5.

Tabla 5. Potenciales usos del nopal en diferentes industrias

Industria	Uso
Alimentos y bebidas para consumo humano	Producción de diversos alimentos, bebidas alcohólicas y no alcohólicas de tuna y nopales
Alimentos para animales	Suplementos y piensos de nopal y de desechos de la industria procesadora de tuna, como las cáscaras y semillas

Farmacéutica	Protectores gástricos de extractos de mucilagos, cápsulas y tabletas de polvo de nopal
Cosmética	cremas, champú, lociones, jabones
Suplementos alimenticios	fibra y harinas de nopal
Aditivos naturales	Colorantes, esencias
Construcción	Compuestos ligantes como mucilago de nopal
Energético	producción de biogás
Insumos para la agricultura	Composta, enmiendas para el suelo
Turismo	Artesanías a partir de nopal, ferias, eventos turísticos, productos de consumo, etc.
Textil	Fibras

Fuente: Elaborado a partir de Soria Melgarejo, 2015.

Es importante destacar que, a pesar de todos los beneficios de su consumo, uno de los mayores problemas de comercializar nopal en la actualidad es su corto tiempo de vida de anaquel, ya que su composición química muestra un alto contenido de agua (90 - 95%), lo cual causa que el tiempo de comercialización sea de dos a tres semanas ya que sus propiedades y apariencia se ven dañados (Domínguez López, 2017). Debido a su corta vida de anaquel es necesario buscar alternativas para su conservación como su venta en salmueras, enlatado, deshidratado, encapsulado, etc; así como explorar alternativas en otras industrias aparte de la alimentación humana. En definitiva, para aumentar el éxito en la venta de nopal es necesario su transformación en nuevos productos de consumo que preserven sus propiedades benéficas e incrementen su tiempo de vida de anaquel, también facilitar su transporte e incrementar la ganancia para el productor.

De este modo, considerando los beneficios del Nopal, se determinó que existe potencial y beneficios de transformar el nopal en productos de consumo. A continuación, se describen los cinco prototipos de productos de consumo que se desarrollaron a partir de nopal.

Jabón Artesanal

El prototipo surgió como respuesta al excesivo uso de productos químicos de belleza que dañan la piel y pueden ser nocivos para la salud. También, se consideró como ventaja que la materia prima, en este caso el nopal, es un cultivo que se realiza con los mínimos requerimientos hídricos y ambientales, siendo así pertinente como alternativa frente al escenario del cambio climático.

Para el desarrollo de este producto se empleó el mucilago del nopal para obtener una solución gelatinosa o baba de nopal al calentarse. A partir de esto se realizó la

producción de jabón artesanal siguiendo recomendaciones de la UNAM Facultad de Estudios Superiores (FES) Cuautitlán (Boletín UNAM-DGCS-1142, 28 de diciembre de 2020), quienes encontraron un efecto sinérgico humectante al mezclarlo con otros componentes de las formulaciones cosméticas, fundamentalmente con sustancias humectantes tradicionales como la glicerina. Este procedimiento permitió elaborar un jabón artesanal llamado "JaPal", elaborado con ingredientes entre los que destaca el nopal, glicerina, aceites y esencias naturales.

Las ventajas competitivas de "JaPal" a base de nopal y esencias naturales, son las propiedades que posee, entre ellas las siguientes:

1. **Hidratación:** El nopal es rico en agua y ayuda a hidratar la piel, lo que puede prevenir la sequedad y la descamación.
2. **Antiinflamatorio:** El nopal tiene propiedades antiinflamatorias, lo que puede ayudar a reducir la inflamación y el enrojecimiento en la piel.
3. **Antioxidante:** El nopal es rico en antioxidantes, como la vitamina C y los carotenoides, que pueden ayudar a proteger la piel de los daños causados por los radicales libres.
4. **Regeneración celular:** El nopal contiene ácido hialurónico que puede ayudar a mejorar la regeneración celular y a reducir las líneas finas y las arrugas en la piel.
5. **Anti- acné:** El nopal contiene propiedades antibacterianas que pueden ayudar a combatir el acné y prevenir la formación de nuevas imperfecciones en la piel.
6. **Cicatrización de heridas:** El nopal puede ayudar a acelerar la cicatrización de heridas y a reducir la inflamación y el enrojecimiento asociados con las heridas.
7. **Potencial de mercado:** Hay una creciente demanda de productos naturales y sostenibles en todo el mundo, lo que representa una oportunidad de mercado.

Velas Aromáticas

Los aromatizantes tienen un largo pasado en la historia humana generalmente ligados a cultos religiosos o ceremoniales, siendo los primeros elaborados con incienso, de ahí que la palabra aromatizante significa "a través del humo" (Malca Ñontol et al 2023). Otros contemplaron el uso de flores frescas para ambientar

estancias, ya que los olores y las emociones tienen una estrecha relación en la memoria humana. Los productos aromáticos representan un gran mercado potencial (OCU, 2013) ya que los olores agradables trastocan nuestras emociones "Recordar algo bueno, nos hace sentirnos mejor; así de sencillo" (Ambiseint, 2018).

A partir de la premisa de que los productos aromáticos tienen un valor emocional especial, se decidió desarrollar un producto con estas características. De esta forma nacieron las velas aromáticas artesanales "Freshpal", elaboradas con ingredientes naturales entre los que destacan harina de nopal, colorante vegetal, esencias de plantas aromáticas y cera principalmente de soya, coco o abeja. El aroma discreto y fresco de este producto generó un agradable aroma como lo reportaron los consumidores que perdura por días en la casa. Asimismo, se trata de un producto libre de toxinas y por lo cual es una buena opción para mantener el aire de casa limpio y agradable.

Snacks

El mercado del snack es bastante atractivo y competitivo, sin embargo, se trata de un mercado saturado de productos a base de papa o harina de maíz. De esta forma surge la propuesta de los productos "Nopalines" y "Nachopal", los cuales son el resultado de la fusión de harinas de nopal y chapulín dando una botana como fuente fibra y proteína debido a sus componentes.

El objetivo de crear estos snacks's fue: Ofrecer una botana con una combinación de proteína y fibra que además permitan dar un giro y aprovechar materias primas poco valoradas como el nopal y el chapulín. Esto debido a que como se ha mencionado previamente, la región de Libres tiene poco aprovechamiento del nopal, y por su parte el chapulín es poco valorado e incluso se considera una plaga por los productores agrícolas de la zona.

Este producto mostró gran aceptación dentro de los consumidores que lo probaron, estando dispuestos a consumirlo frecuentemente como una botana más.

Mermeladas

El mercado de las mermeladas es bastante atractivo, sin embargo, principalmente abundan productos de alto contenido calórico, azúcares y una limitada oferta de sabores, con la fresa como el sabor más abundante. De esta forma se propuso el desarrollo de una mermelada de bajo contenido calórico a partir de cladodios jóvenes de Nopal, endulzada con hojas de estevia (*Stevia rebaudiana*) como ingredientes principales.

Este producto tiene el potencial de ser una oferta dulce y nutritiva ya que el nopal aporta fibra, sabor y un bajo contenido calórico. Por su parte, la estevia es un sustituto de la sacarosa que ha mostrado beneficios en el tratamiento de diabetes mellitus, obesidad, hipertensión y prevención de caries; también se le atribuyen beneficios terapéuticos como hipoglucemiante, anti-depresivo, antiinflamatorio, anticonceptivo, diurético entre otras (Yadav, Singh y Dhyani, 2011). Usualmente este edulcorante se emplea en la elaboración de bebidas de bajo contenido calórico (refrescos), caramelos, goma de mascar, pastelería, yogurt, dulces, mermeladas, encurtidos, productos medicinales y de higiene bucal (De Paula et al., 2010 citado por González 2019). La mermelada elaborada a partir de nopal y estevia fue del agrado de los consumidores, quienes mostraron un interés por sus propiedades que pueden ser atractivas para personas con diabetes ya que muchas marcas comerciales les están limitadas a personas que padecen esta condición.



Figura 3. Prototipos de los productos de consumo

Alimento para ganado Bovino

Otra alternativa contempló un uso no humano, con la primicia que el nopal ya es usado como alimento para ganado, pero su preparación es bastante complicada lo que desanima a muchos productores a probarlo. De este modo surge la propuesta de elaborar un alimento peletizado a partir de nopal que sea nutritivo y de rápida asimilación para el ganado. Es así cómo se generó “Milkpal”, alimento balanceado para ganado bovino a base de nopal, maíz, pasta de soya y sorgo.

Por las propiedades del Nopal y otros forrajes de la fórmula se busca una buena salud animal y que la dieta rica en fibra reduzca la emisión de metano en las heces de las vacas, lo que contribuye al cuidado del medio ambiente. Este alimento fue desarrollado con la asesoría

de un médico veterinario para obtener una fórmula balanceada para cubrir las necesidades del ganado vacuno lechero.

Las tendencias macroeconómicas de la región de Libres aun cuando existe competencia en distribuidores de alimento para ganado, indican que no existe en el mercado alimento elaborado de manera natural, por lo que “Milkpal” es un producto que busca proveer una buena nutrición y producción de leche en ganado bovino (de acuerdo a experiencias de los consumidores), además de ser un alimento atractivo por características como aspecto, textura, pruebas de perfil, y estabilidad en el almacenamiento. Su desarrollo fue atractivo para los productores de la región quienes manifestaron su interés de acuerdo con una encuesta realizada a los ganaderos de la Región. De este modo “Milkpal” emerge como una alternativa de alimento peletizado natural cuyo costo-beneficio impacta radicalmente con la generación de una plataforma de negocios.



Figura 4. Prototipo de alimento para ganado bovino

Etapa 3 Conclusiones y principales hallazgos de la investigación

Transferencia de conocimientos

Con los prototipos elaborados fue posible realizar investigaciones de mercado para introducir los productos al mercado local, así como también conocer la opinión referente a la satisfacción de los consumidores y elaborar modelos de negocios con análisis costo-beneficio. Esto permitió presentar los productos en una feria de agronegocios realizada en la Institución, logrando todos los productos una aceptación del 100% entre los consumidores y productores de la Región.

En función de lo anterior, se capacitó a los productores en el proceso de la elaboración de los productos, estrategias de mercado y modelo del negocio. Se brindó asesoría técnica y económica que permita a los productores incorporar los productos en el mercado local, así como en la conciencia social y el impacto del aprovechamiento de un producto no valorado, que surge como una plataforma que aporte la generación de propuestas de valor comercializables, para aprovechar los recursos naturales que se dan de forma natural e

importante en la Región, mejorando con ello las condiciones de vida de los productores locales.



Figura 5. Transferencia de conocimientos a los productores locales

Nota: Reuniones con productores para capacitarlos en la transferencia de conocimientos técnicos y económicos del proceso de producción de productos de consumo.

La vinculación con el sector productivo, la generación de procesos industriales para comercializar el nopal, así como fomentar una propuesta de valor para el desarrollo social y sostenible de la Región Libres, Puebla, abre la brecha hacia una economía social y solidaria.

La retroalimentación permitió orientar la investigación hacia dudas de los productores; es de vital importancia que exista comunicación entre los productores y el equipo de investigadores ya que esto permitirá el intercambio de experiencias con el objetivo de generar acciones de mejora que fortalezcan los vínculos de colaboración, así como las relaciones sociales a fin de aprender los unos de los otros y mejorar los resultados obtenidos e incursionar en nuevos productos de consumo.

Los productores manifestaron plenamente su interés por continuar en el desarrollo de productos y planes de negocio para buscar alternativas en su economía. De esta forma se comprobó el potencial del cultivo y manejo del nopal para desarrollar una economía social y solidaria dentro de la región. El intercambio de conocimientos y experiencias motivó a los productores a replicar este proceso con otros productos que abundan en su localidad como la manzana, la pera y el durazno. De esta forma, las experiencias de este proyecto mostraron cómo la academia y la sociedad pueden generar sinergias para proponer motores de desarrollo adaptados a las

condiciones regionales. Debido a las implicaciones del proyecto y la vinculación que se originó del presente proyecto; se considera que se están dando los primeros pasos para transicionar hacia una economía social y solidaria dentro de la Región-8 de Libres, Puebla a partir de la vinculación social y académica hacia el aprovechamiento de recursos poco valorados dentro de la región. Se considera que aún es necesario involucrar a las autoridades municipales y otras instancias del gobierno para lograr desarrollar un nuevo modelo económico.

Conclusión

El cultivo de Nopal tiene el potencial de detonar y crear economía social y solidaria en la región 8 de Libres Puebla, ya que se trata de un cultivo abundante, de pocos requerimientos hídricos y muchas propiedades nutricionales, y con potencial de ser transformado en productos de valor. A partir del diagnóstico y caracterización de la región se confirman los beneficios que existen para aprovechar el nopal por parte de los productores involucrados. Se demostró la transformación del nopal en cinco productos de consumo como jabón, velas aromáticas, mermeladas, snacks, y alimento para ganado vacuno. Por otro lado, la vinculación y retroalimentación con los productores fue de gran ayuda ya que permitió conocer sus inquietudes y dirigir las futuras investigaciones orientadas al aprovechamiento de otros recursos. Finalmente, se considera que el proyecto tiene el potencial de gradualmente transicionar hacia una economía social y solidaria por las condiciones en que se ha desarrollado el presente trabajo, sin embargo, se requiere de la suma de autoridades y gobiernos, así como incrementar el alcance del proyecto para brindar nuevas condiciones económicas en la Región-8 de Libres, Puebla.

Referencias

- Ambiseint, (2018). Los aromas y su conexión con el bienestar emocional
<https://www.ambiseint.com/blog/marketing-olfativo/aromas-conexion-bienestar-emocional>
- Jorge, A.O.S., Costa, A.S.G., Oliveira, M.B.P.P. (2023) Adapting to Climate Change with Opuntia. *Plants*, 12, 2907. <https://doi.org/10.3390/plants12162907>
- CONABIO. (2023) Nopales. (Consultado el 12/03/2024) Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimento/nopales>
- Del Socorro Santos Díaz, M., Barba de la Rosa, A.P., Héliès-Toussaint, C., Guéraud, F., Nègre-Salvayre, A.

(2017) *Opuntia* spp.: Characterization and Benefits in Chronic Diseases. *Oxid Med Cell Longev*. 2017;2017:8634249.

<https://doi.org/10.1155/2017/8634249>

Domínguez López, A. (2017) Revisión bibliográfica sobre algunos aspectos tecnológicos y usos alternativos de los cladodios y frutos del nopal (*Opuntia* spp.) en la alimentación humana. *CIENCIA ergo-sum*, [S.l.], 2(2): 231-238. ISSN 2395-8782. Disponible en: <https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/7700>

El-Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Badreddine, A., Andreoletti, P., Vamecq, J., El Kebbij, M.S., Latruffe, N., Lizard, G., Nasser, B., Cherkaoui-Malki, M. (2014) Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. *Molecules*;19(9):14879-901.

<https://10.3390/molecules190914879>

Gobierno del Estado de Puebla: Programa Regional Desarrollo Regional Estratégico Región 8 Libres 2019-2024

González et al. (2019) Aprovechamiento agroindustrial del nopal. “Mermelada baja en calorías”. Montiel Editor: Bertha López Azamar ISBN: 978-607-98543-0-0 Educación Superior / Libros universitarios “Construcción de conocimiento multidisciplinario a partir de la educación y el emprendimiento.” Libro electrónico.

https://www.unpa.edu.mx/libros/10_libro_CAEM2019_7.pdf

Haiman el Troudi (2021), Los mil y un usos del nopal a favor del ambiente, Actualidad verde, Ecovida

<https://haimaneltrouidi.com/los-mil-y-un-usos-del-nopal-a-favor-del-ambiente/>

Malca Ñontol, Rojas Díaz, Herrera, Tanta Chilon, Tanta Bardales, (2023) “Ambientador a Base de Planta de Menta” Departamento de Ciencias, Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú

<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-privada-del-norte/metodologia-universitaria/proyecto-de-investigacion/86757080>

Maki-Díaz, G., Peña-Valdivia, C.B., García-Nava, R., Arévalo-Galarza, M. L., Calderón-Zavala, G., Anaya-Rosales, S. (2015). Características físicas y químicas de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) para exportación y consumo nacional. *Agrociencia*, 49(1), 31-51.

Martínez Flores, H.E., Garnica Romo, M.G., Zavala Mendoza E. (2021) Capítulo 1- Georreferenciación y caracterización de cinco especies silvestres de *Opuntia* localizadas en Michoacán, México. En “*Opuntia. Aportaciones a su conocimiento y aprovechamiento*”. Ed. Universidad de Guadalajara. ISBN: 9786075712185

OCU (2013) Ambientadores para la casa (Consultado el 12/03/2024) Disponible en:

<https://www.ocu.org/salud/bienestar-prevencion/informe/ambientadores-dossier#>

Pérez-Vivar, M. A., Castellanos-Serrano, L. T., Gómez-Águila, M. V., Chávez-Mota, R., Rodríguez-Morán, M. (2024). Un homenaje al nopal: Revisión de sus usos más allá de lo comestible. *E-CUCBA*, (21): 195–200. <https://doi.org/10.32870/e-cucba.vi21.338>

Saenz, C., García Nauto, N., Abraján, M., Fabry, A., Robert, P. (2017). El nopal, una especie de zonas áridas productora de hidrocoloides naturales. *La Alimentación Latinoamericana*, 322.

Santiago-Lorenzo, Ma. del Rocío, López-Jiménez, Alfredo, Saucedo-Veloz, Crescenciano, Cortés-Flores, José I., Jaén-Contreras, David, & Suárez-Espinosa, Javier. (2016). Composición nutrimental del nopal verdura producido con fertilización mineral y orgánica. *Revista fitotecnia mexicana*, 39(4), 403-407.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802016000400403&lng=es&tlng=es.

SIAP. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. (2021). <https://www.gob.mx/siap>

Soria Melgarejo, G. (2015) ¿Qué conocemos del nopal?: Cuadernos de Divulgación Científica y Tecnológica del Consejo. Disponible en:

(<https://icti.michoacan.gob.mx/wp-content/uploads/2019/07/10.-QUE-CONOCEMOS-DEL-NOPAL.pdf>)

Torres-Ponce, R.L., Morales-Corral, D., Ballinas-Casarrubias, M.D.L., Nevárez-Moorillón, G.V. (2015). El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5): 1129-1142.

UNAM Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores (FES) Cuautitlán (Boletín UNAM-DGCS-1142, 28 de diciembre de 2020 Boletín UNAM-DGCS-1142 Ciudad Universitaria. 28 de diciembre de 2020

Yadav, A. K., Singh, S., Dhyani, D. and Ahuja, P. S. (2011). A review on the improvement of *Stevia* [*Stevia*

rebaudiana (Bertoni)]. Can. J. Plant Sci. 91: 127. Stevia rebaudiana

Agradecimientos

Agradecimiento especial al TecNM: campus Libres por las facilidades otorgadas para el desarrollo del proyecto de investigación “Diseño de prototipos de consumo y modelos de negocio derivados del Nopal para fomentar la economía social y solidaria en la Región 8 Libres, Puebla” con clave de proyecto DT-IGE-001/1-2024, así como a los productores de la Región por la información proporcionada, la confianza y colaboración en la transferencia de los conocimientos adquiridos.

Currículo corto de los autores

Ing. Gabriel Vázquez López en Gestión empresarial
Es recién egresado de la Ingeniería Gestión Empresarial en el TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Libres.

Mtra. Sagrario Alejandre Apolinar

Maestra en Ciencias de la Administración por el Centro de Posgrado en Administración e informática de la Universidad Von Humboldt A.C. en 2005, y en Finanzas por la Universidad LA SALLE, A.C. Docente del

TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Libres, adscrita a la academia de Ingeniería Gestión Empresarial y miembro del Cuerpo Académico ITSLIBRES-CA-2 “Gestión e Innovación de Procesos Económico-Administrativo para el Desarrollo Regional”.

Dr. Daniel Alejandro García López

Doctor en ciencias por el Instituto de Ecología, A.C. Actualmente adscrito como profesor de tiempo completo en la carrera de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable en el TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Libres, responsable de la línea de Investigación: Innovación Agrícola Sustentable. Se encuentra adscrito al Sistema Nacional de Investigadores en nivel candidato.

Dra. Dulce María Martínez Ángeles

Doctora en Estudios Sociales, Línea Economía Social por la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa en 2016. Docente del TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Libres, adscrita a la academia de Ingeniería en Gestión Empresarial, responsable del cuerpo académico ITSLIBRES-CA-2 “Gestión e Innovación de Procesos Económico-Administrativo para el Desarrollo Regional”.



Evaluación de humuaaan como mejorador de suelos en dos especies vegetales en la localidad de la Cañada, Libres, Puebla

A. C. Herrera Díaz¹, D.A. García López^{1*}

¹Departamento de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable, TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Libres, Camino Real S/N, Barrio de Tetela, C.P. 73780, Libres Puebla., México.

*daniel.gl@libres.tecnm.mx

14

Resumen: La degradación del suelo y la pérdida de la fertilidad es una de las mayores amenazas para la agricultura; ante esta problemática es necesario buscar alternativas que permitan recuperar la salud de los suelos. Como opciones para combatir este problema se encuentran los productos mejoradores del suelo, los cuales poseen formulaciones orgánicas destinadas a mejorar las condiciones de los suelos. El presente trabajo estableció como objetivo evaluar el efecto del mejorador de suelo “Humuaaan” mediante comparación de variables fisiológicas en variedades de interés agrícola. Para lograrlo, se realizó un experimento con plantas de cilantro y rábano que crecieron en presencia y ausencia de Humuaaan. Al término de 30 días se tomaron las variables de altura de la planta, diámetro, número de hojas y largo de raíz. Adicionalmente, se evaluaron variables de los suelos (CE, pH y % de Humedad) antes y después de la aplicación del producto. Una vez terminado los análisis se observó en las plantas de cilantro que tuvieron la aplicación del producto mostraron valores significativamente superiores en las

variables diámetro, altura y largo de raíz. Mientras tanto en las plantas de rábano no se detectaron diferencias significativas en ningún de las variables de estudio. Adicionalmente se comprobó que la presencia de Humuaaan incremento el porcentaje de humedad en el suelo, ya que fue una variable altamente significativa entre suelos con y sin aplicación del producto. Se concluyó que Humuaaan es recomendable para ayudar principalmente en la retención de humedad al suelo, así como también facilitar el desarrollo de raíces lo que ayuda a que la planta tenga una mejor nutrición y absorción de nutrientes. Se recomienda que esta investigación se lleve a cabo con otras especies vegetales, así como realizar evaluaciones a mayor escala y por periodos más largos para garantizar las aplicaciones del producto.

Palabras Clave: enmienda, orgánico, conservación, agroecológico, suelo.

Abstract

Soil degradation and fertility loss are among the greatest threats to agriculture. Addressing this issue requires seeking alternatives to restore soil health. One option to mitigate this problem is the use of soil-enhancing products, which contain organic formulations designed to improve soil conditions. This study aimed to evaluate the effect of the soil enhancer "Humuaaan" by comparing physiological variables in agriculturally relevant plant varieties. To achieve this, an experiment was conducted using cilantro and radish plants grown in the presence and absence of Humuaaan. After 30 days, plant height, stem diameter, number of leaves, and root length were measured. Additionally, soil variables (electrical conductivity, pH, and moisture percentage) were assessed before and after product application. The analysis revealed that cilantro plants treated with Humuaaan exhibited significantly higher values in stem diameter, height, and root length. In contrast, radish plants showed no significant differences in any of the studied variables. Furthermore, the presence of Humuaaan increased soil moisture percentage, as this variable was highly significant between treated and untreated soils. It was concluded that Humuaaan is particularly beneficial for enhancing soil moisture retention and promoting root development, thereby improving plant nutrition and nutrient absorption. It is recommended that this research be extended to other plant species and conducted on a larger scale over longer periods to validate the product's applications.

Keywords: amendment, organic, conservation, agroecological, soil.

Introducción

La degradación del suelo y la inevitable pérdida de su fertilidad constituyen un desafío significativo para la agricultura a nivel mundial, afectando la productividad y la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios. Diversos factores, como las prácticas agrícolas intensivas, el cambio climático y la contaminación, han acelerado estos procesos, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria mundial.

En México, aproximadamente el 64% de los suelos presentan algún nivel de degradación, situación que se asocia en gran medida a las actividades agrícolas (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022).

Esta degradación se manifiesta en la pérdida de fertilidad, afectando al 28% de las unidades de producción del país, y en problemas de salinidad que impactan el 20% de la superficie en los distritos de riego.

A nivel global, la reducción del carbono orgánico en los suelos de ecosistemas áridos, consecuencia del aumento de las temperaturas y la disminución de precipitaciones,

es más rápida de lo anticipado. Esta disminución no solo compromete la fertilidad y biodiversidad del suelo, sino que también podría incrementar las emisiones de CO₂, exacerbando el cambio climático (Delgado-Baquerizo et al., 2024).

La contaminación por microplásticos es otro factor emergente que afecta la salud del suelo. Investigaciones recientes han evidenciado que la presencia de micro y nanoplásticos en los agroecosistemas impacta negativamente el crecimiento de plantas, la salud de las raíces y la capacidad del suelo para retener agua. Además, la interacción de estos contaminantes con nanopartículas de cobre puede disminuir la actividad enzimática del suelo, afectando ciclos de nutrientes esenciales para las plantas (Schoebitz et al., 2024).

Para contrarrestar estos desafíos, es imperativo adoptar prácticas agrícolas sostenibles que promuevan la salud del suelo y la eficiencia en el uso de recursos. La agricultura de conservación y la agroecología son prácticas que integran técnicas como la mínima labranza, la rotación de cultivos y la cobertura permanente del suelo, ha demostrado ser efectiva en mejorar la fertilidad y la resiliencia del suelo frente al cambio climático. Estudios en las tierras altas semiáridas de México han mostrado que estas prácticas pueden aumentar el rendimiento y la rentabilidad de los cultivos, contribuyendo a la seguridad alimentaria (Fonteyne et al., 2024).

Además, la integración de tecnologías como la aportación de enmiendas orgánicas, bioinsumos, productos mejoradores del suelo o microorganismos promotores del crecimiento vegetal, permiten gradualmente la recuperación de la fertilidad del suelo. Estas herramientas facilitan la recuperar la salud y la gestión sostenible del suelo, optimizando la aplicación de insumos y reduciendo el impacto ambiental (Dasgupta et al., 2024).

La degradación del suelo y la pérdida de fertilidad son problemas críticos que requieren la implementación de soluciones innovadoras y sostenibles. La adopción de prácticas agrícolas sostenibles y el uso de tecnologías avanzadas son fundamentales para mitigar estos desafíos, asegurando la conservación de los recursos naturales y la seguridad alimentaria para las generaciones presentes y futuras. De tal motivo el presente trabajo se planteó evaluar el mejorador de suelo Humuaaan mediante el crecimiento de dos variedades agrícolas de interés, cilantro y rábano, así como evaluar efectos en el suelo debido a la presencia de este producto. La evaluación de este producto es de importancia ya que permite brindar alternativas en la

agricultura para transitar hacia una agricultura sostenible.

Material y métodos

Ubicación

El presente proyecto se desarrolló en el municipio de Libres, Puebla (19°, 21', 19° 33' de latitud norte y 97°, 32', 97°, 48' de longitud oeste). La región de Libres se localiza en la zona centro norte del estado, con una altitud que oscila entre los 2 320 a 3 400 metros sobre el nivel del mar; la región presenta condiciones climáticas extremas que se destacan por un clima seco a semiseco, con temperaturas muy frías en diciembre, y la precipitación llega a ser escasa con periodo de lluvias en verano. A pesar de estas condiciones la región de Libres es principalmente agrícola destacando la siembra de maíz, haba, calabaza, frijol, alfalfa y cebada. Debido a su alta actividad agrícola los suelos de la región presentan alto grado de degradación, que, aunado a las condiciones climáticas, han generado menores rendimientos en cultivos.

Humuaan

El producto Humuaan fue donado por la distribuidora de productos agrícolas AGROMUNDO. El producto es un mejorador de suelo que tiene la función de promover la salud del suelo mediante adición de estimulantes del crecimiento vegetal, contribuye a mejorar la actividad microbiana benéfica, y es capaz de neutralizar la acidez en suelos ácidos.

El producto está constituido por dos componentes principales, extractos húmicos (20%) y diluyentes orgánicos y acondicionadores (80%) (Figura 1).



Figura 1. Información técnica del producto Humuaan

Desarrollo del experimento

El proyecto se planteó evaluar el efecto del producto Humuaan sobre el desarrollo vegetal de dos variedades agrícolas, cilantro (*Coriandrum sativum*) y rábano (*Raphanus sativus L.*). La elección de estas variedades fue debido a su corto periodo vegetativo y que son productos de interés agrícola.

El suelo que se empleó para probar la eficacia de Humuaan fue recolectado de una parcela con prácticas agrícolas intensivas durante un periodo mayor a diez años. La parcela se localiza en la localidad de la Cañada en la ciudad de Libres, Puebla. Para la toma de una muestra compuesta del suelo, se delimitaron cuadrículas que fueron numeradas para posteriormente sortear números al azar y coleccionar 20 muestras de 1 kilogramo de los primeros 20 cm de suelo; posteriormente el total de muestras se homogeneizó y se procedió a aplicar la técnica de cuadrantes (Red BPA, 2020) hasta obtener una muestra compuesta de suelo.

La muestra compuesta de suelo se empleó para llenar contenedores de un kilogramo donde se sembraron las variedades agrícolas. Se colocaron de 2 a 3 semillas a 2 cm de profundidad por contenedor para un total de 6 contenedores por variedad vegetal. Las comparaciones se realizaron por pares donde se compararon grupos de 6 contenedores con plantas de cilantro contra 6 contenedores con plantas, pero con aplicaciones del producto Humuaan en el suelo. De igual forma se compararon grupos de 6 contenedores con plantas de rábano contra 6 contenedores con plantas de rábano con la aplicación de Humuaan en el suelo.

Después de la siembra se realizaron riegos cada 3 días con 0.5 L por contenedor. Para el caso de las plantas con Humuaan, se añadió la dosis de Humuaan recomendada junto con el riego para los grupos que así lo requerían hasta la cosecha. El desarrollo vegetal se continuó hasta los 30 días cuando se cosechó el material vegetal para la toma de datos de altura, diámetro, largo de raíz y número de hojas. Por su parte, las muestras de suelo se coleccionaron para su comparación antes y después del uso del producto en términos de pH, conductividad y humedad. Los valores de pH y conductividad se tomaron de una disolución 1:10 de suelo en agua mediante un medidor combinado de pH / CE / TDS HI98130 de la marca HANNA, el cual fue previamente calibrado con soluciones de referencia a temperatura ambiente.

Finalmente, la medición de porcentaje de humedad se realizó por gravimetría de la muestra a 105°C para la estimación del porcentaje de humedad mediante la ecuación 1.

$$(Ecuación 1) \%H = \frac{\text{masa húmeda} - \text{masa seca}}{\text{masa seca}} \times 100$$

Análisis estadístico

Las comparaciones entre el crecimiento vegetal se realizaron mediante prueba *t-student* con un valor alfa de 0.05. Por su parte, las muestras de suelo se compararon mediante prueba de análisis de varianza y las diferencias se resolvieron mediante comparación de medias mediante prueba de Tukey con valor de confianza de $p < 0.05$. Para el análisis de los datos de empleo el software estadístico minitab 19.

Resultados y discusión

Al término de la prueba se colectaron las variedades vegetales para tomar variables fenológicas (altura, diámetro, largo de raíz y número de hojas), algunas de estas diferencias fueron notables inmediatamente a la vista, principalmente en las plantas de cilantro (Figura 2).

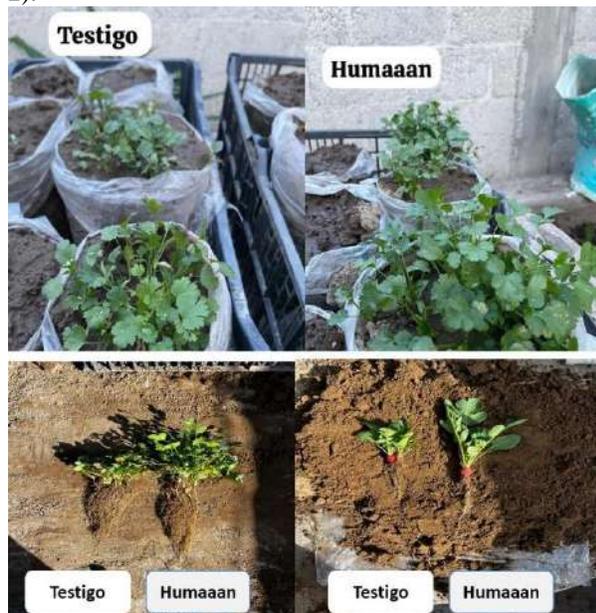


Figura 2. Comparación de variedades vegetales en presencia y ausencia de Humuaaan.

En el caso de las plantas de cilantro se observaron diferencias significativas entre las plantas sembradas con y sin Humuaaan (Tabla 1). Se observó que las variables altura, diámetro y largo de raíz fueron superiores en las plantas donde el suelo recibió las dosis del producto Humuaaan. La única variable que no mostró diferencias significativas fue el número de hojas.

Tabla 1. Medias y desviación estándar de variables tomadas en plantas de cilantro (*Coriandrum sativum*) sembradas en suelo con y sin aplicación de Humuaaan.

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Largo raíz (cm)	Número hojas
Testigo	8.67±6.18b	3.17±2.25b	10.67±7.72b	45.3±32.1
Humuaaan	19.00±2.94a	8.67±1.70a	22.33±2.36a	87.3±28.60

Letras diferentes denotan diferencias significativas de acuerdo a prueba t-student ($p < 0.05$).

En contra parte, en las plantas de rábano no se observaron diferencias significativas para ninguna de las variables que se tomaron (Tabla 2). Para el caso de las plantas de rábano se considera si el tiempo experimental no fue el suficiente, ya que al ser un cultivo que engrosa la raíz posiblemente el tiempo no fue suficiente para observar otras variables mientras se centraba el crecimiento en el engrosamiento de esta parte vegetal. Adicionalmente, se observó que el suelo agrícola debido a su alta degradación tenía una tendencia a compactarse, limitando el desarrollo de un ensanchamiento de raíz (Figura 2). De este modo, aunque productos como Humuaaan pueden mejorar la química y biología del suelo, también es necesario realizar mejoras en la estructura física del suelo para evitar efectos de ahorcamiento de la raíz por la alta compactación.

Tabla 2. Medias y desviación estándar de variables tomadas en plantas de rábano (*Raphanus sativus* L.) sembradas en suelo con y sin aplicación de Humuaaan.

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Largo raíz (cm)	Numero hojas
Testigo	12.00±6.16	6.67±2.62	9.67±3.68	9.97±5.44
Humuaaan	10.33±4.92	9.50±4.14	11.33±4.64	6.67±2.49

Finalmente, se compararon las muestras de suelos antes, y después del experimento con y sin uso del producto Humuaaan para detectar si existía alguna diferencia en las variables estudiadas de pH, conductividad eléctrica (CE) y porcentaje de humedad. En la Tabla 3 se pueden observar los diferentes valores que se obtuvieron en la muestra de suelo inicial, así como en el testigo al término del experimento y la muestra que recibió el producto. Las variables pH y conductividad eléctrica no mostraron diferencias significativas entre las muestras. Sin embargo, se observó un incremento en la retención de la humedad para la muestra de suelo que recibió Humuaaan. Esta diferencia fue bastante significativa ya que mientras el suelo al inicio y al final del experimento sin aplicación de Humuaaan mostró una baja retención de la humedad de alrededor del 10%; en contraste el suelo que recibió la aplicación de producto mostró una mucho mayor retención de la humedad superior al 40%. Esta amplia diferencia confirma el efecto del producto para mejorar las condiciones del suelo y justifica los

mayores valores fenológicos de altura, diámetro y largo de raíz en el cultivo de cilantro. A pesar de que estos beneficios no se observaron en el cultivo de rábano, se considera que posibles efectos se podrían observar en un mayor tiempo experimental para cultivos de raíz y por efecto de ahorcamiento de la raíz por compactación del suelo. Finalmente, se considera aún necesario probar los efectos del producto en otros cultivos agrícolas, así como extender la investigación junto con análisis de suelo más precisos que permitan observar cómo se modifican valores del suelo como respuesta del uso del producto Humuaaan.

Tabla 3. Medias y desviación estándar de variables tomadas en el suelo antes y posterior al experimento con y sin aplicación de Humuaaan.

Muestra	pH	CE (dS m ⁻¹)	% Humedad
Suelo inicial	7.24±0.48	0.76±0.02	10.11±1.57 b
Testigo	7.15±0.01	0.65±0.01	11.66±0.14 b
Humuaaan	7.14±0.005	0.81±0.14	43.56±0.88 a

Letras diferentes denotan diferencias significativas de acuerdo a prueba Tukey (p<0.05).

Conclusión

Se observó que la aplicación de Humuaaan ayudó principalmente en la retención de humedad al suelo, así como también facilitó el desarrollo de raíces, lo cual ayuda a que la planta tenga una mejor nutrición y absorción de nutrientes, humedad y un mejor agarre para evitar que esta sea desprendida. Se observó un beneficio en variables altura, diámetro y largo de raíz en plantas de cilantro. Sin embargo, no fue posible observar diferencias significativas en plantas de rábano. Se recomienda extender las aplicaciones a otros cultivos, así como implementar estrategias que mejoren tanto las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo para restaurar la salud de los suelos y lograr el desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles.

Referencias

Red BPA (2020) Recomendaciones para Muestreo de Suelos. Red de Buenas Prácticas Agropecuarias

Dasgupta, S., Patel, S., Rathore, D., Divyanth, L. G., Das, A., Nayak, A., Dey, S., Biswas, A., Weindorf, D. C., Li, B., Silva, S. H. G., Ribeiro, B. T., Srivastava, S., & Chakraborty, S. (2024). Soil Fertility Prediction Using Combined USB-microscope Based Soil Image, Auxiliary Variables, and Portable X-Ray Fluorescence Spectrometry. arXiv preprint arXiv:2404.12415. <https://arxiv.org/abs/2404.12415>

Delgado-Baquerizo, M., Maestre, F. T., Moreno-Jiménez, E., & Plaza, C. (2024). Rapid loss of organic

carbon in global dryland soils driven by climate change. *Nature Climate Change*, 14(8), 745–750. <https://doi.org/10.1038/s41558-024-01567-5>

Fonteyne, S., Verhulst, N., & Govaerts, B. (2024). Conservation agriculture increases yield and profitability of maize in semi-arid highlands of central Mexico. *Scientific Reports*, 14(1), 12345. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-80928-8>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). 64% de los suelos en México, en degradación. *Agro Excelencia*. Recuperado de <https://agroexcelencia.com/64-de-los-suelos-en-mexico-en-degradacion/>

Schoebitz, M., Cid, M. S., & Muñoz, C. (2024). Impact of micro and nanoplastics on agroecosystems: Effects on plant growth and soil health. *Journal of Environmental Management*, 321, 115759. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.115759>

Agradecimientos

Se agradece a la empresa AGROMUNDO por brindar el producto Humuaaan y permitir la realización del proyecto y en particular al C. Edmundo Ortega Morales. Al Instituto Tecnológico Superior de Libres y la academia de Ingeniería en Innovación agrícola Sustentable por el apoyo y las facilidades brindadas durante el desarrollo de este proyecto.

Currículo corto de los autores

Ana Cecilia Herrera Díaz: Es pasante de la carrera de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. El presente trabajo es parte de su experiencia de residencia profesional para obtener el título profesional.

Dr. Daniel Alejandro García López: Licenciatura en Biología (2011) por la BUAP. Maestría en Ciencias (2014) y Doctorado en Ciencias (2021) por el Instituto de Ecología (INECOL) y miembro de Sistema Nacional de Investigadores nivel candidato (2023-2026) y perfil deseable PRODEP. Actualmente, está adscrito como docente de tiempo completo del Sistema Tecnológico Nacional de México en la carrera de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable e investigador de la Línea de Investigación “Agricultura e Innovación Sustentable” en el TecNM Campus Libres.



“Por una Cultura Científica, Tecnológica y Sustentable”