

# La relación de los modelos de hélice en la innovación de productos de nopal

Lizbeth Chávez Román<sup>1</sup>

Oswualdo Getzemany Moreno Villaseñor<sup>2</sup>

René Augusto Marín Leyva<sup>3</sup>

## Resumen

La presente investigación se desarrolla con el objetivo de demostrar la relación de los modelos de hélice como medio para la innovación en productos derivados del nopal, para lo cual primeramente se plasma un contexto acerca de los modelos de hélice, siendo estos la triple hélice, la cuádruple hélice, la penta hélice y la n-tupla hélice, posteriormente se analiza el contexto del sector de nopal en México, donde cabe mencionar que las clasificaciones principales de nopal con valor agregado son la agroindustria de alimentos y bebidas para consumo humano, la agroindustria de alimentos para animales, la industria farmacéutica, la industria cosmética, la industria de suplementos alimenticios, la industria productora de aditivos naturales, el sector de la construcción, el sector energético, el sector productor de insumos para la agricultura, el sector turismo y la industria textil.

Para el sustento teórico de la presente, se presentan dos tablas de revisión de literatura, una respecto a los modelos de hélice, y la otra respecto a la literatura acerca del sector del nopal. Aunado a lo anterior, la investigación se elaboró con una metodología de corte exploratorio - descriptiva, donde, con base en datos obtenidos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera se realizó un análisis descriptivo de las variables presentadas, así mismo, se acompaña de un breve análisis de correlación de bivariadas bajo la metodología de Pearson, los cuales se procesaron a través del programa IBM-SPSS.

Dado que la principal aportación del presente trabajo es exponer la relación existente entre la innovación de productos derivados del nopal y la vinculación de estos con la triple hélice se concluye finalmente que si existe relación entre los modelos de hélices y la innovación de productos de nopal, ya que, la aplicación de dichos modelos, es fundamental para atacar las debilidades y amenazas que presenta el sector, lo cual se logra a través de la creación de vínculos que generen innovación y tecnología que permitan incrementar la competitividad de los productores, generando con ello un fomento del desarrollo regional.

**Conceptos clave:** 1. Modelos de hélice, 2. gestión de la innovación, 3. productos de nopal.

## Introducción

El presente artículo se desarrolla sobre la base teórica de los modelos de hélice ofreciendo un acercamiento sobre la importancia en la creación de nuevos conocimientos y productos

---

<sup>1</sup> Doctorante en Ciencias del Desarrollo Regional, Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 0616904g@umich.mx

<sup>2</sup> Doctorante en Ciencias del Desarrollo Regional, Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2251367b@umich.mx

<sup>3</sup> Doctor en Políticas Públicas, Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales - Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, rene.marin@umich.mx

de innovación derivados del nopal mediante la vinculación de la universidad, el gobierno y la empresa la cooperación y el establecimiento de alianza para que exista una mayor participación del país en el mercado, se identifica y expone los factores que influyen tanto positiva como negativamente entre los actores así como los aspectos más importantes para la vinculación encontrados en la literatura.

La universidad, el gobierno y la empresa representan un medio para fomentar las innovaciones y el crecimiento económico del país, ya que cada uno de ellos juegan un papel específico, la universidad con la generación de conocimientos, el gobierno con la creación de políticas en la intervención en la innovación y desarrollo así como la creación de la esfera institucional necesaria; y en la empresa o el sector industrial las innovaciones se reflejan en el desarrollo de los productos, p.ej. el uso de tecnologías para facilitar la comunicación entre las distintas etapas de la cadena de valor.

El objetivo del presente trabajo es demostrar la relación de los modelos de hélice como medio para la innovación en productos derivados del nopal, la principal aportación del presente trabajo es exponer la relación existente entre la innovación de productos derivados del nopal y la vinculación de estos con la triple hélice. Lo anterior tiene como finalidad promover a través de la triple hélice, la capacidad de transformar esta materia prima (nopal) en productos innovadores para obtener la máxima utilidad, lo que generaría la preservación y fortalecimiento del tejido industrial, la generación de empleo; el fomento de la productividad y competitividad empresarial.

En la sección dos se aborda el contexto de la industria del nopal y su relación con la triple hélice, analizando las teorías principales de la triple hélice, así como a la descripción de las características que lo rodea, a fin de exponer el rol que juega cada actor de la triple hélice para llevar de la mano al lector en el proceso de la innovación, tópico importante para el estudio de la materia prima que en la especie de procedería a analizar: el nopal.

En la sección tres abordamos la revisión de de literatura primeramente abordamos los conceptos de los tres modelos de operación de la triple hélice a través del análisis de los artículos realizados por Etzkowitz Leydesdorff, Ponce y Güemes entre otros posteriormente se desarrolla el contexto de los productos con valor agregado derivados del nopal exponiendo los usos, características sociales y económicas expuestas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas entre otros autores.

En la sección cuatro se expone la metodología, señalando las estrategias y métodos utilizados para la realización de la presente investigación, siendo éstos un análisis descriptivo y la aplicación del método de correlación de variables de Pearson de los cuales se argumenta las ecuaciones utilizadas para su aplicación.

En la sección cinco la interpretación de resultados del coeficiente de correlación de Pearson mismos que se exponen a través de tablas y gráficos, donde se muestra las variables que comparten información, que comparten variabilidad.

Como apartado final en la sección seis se presentan las conclusiones, mismas que se derivan del análisis de la correlación de pearson con el estudio de la diversa literatura a fin de exponer el aspecto principal o del presente artículo.

## Contexto de los modelos de hélices y la industria del nopal

### Modelos de hélices

La innovación se puede gestionar a través de diversos métodos, desde las teorías de Schumpeter y Lundvall hasta los modelos de innovación propuestos por Henry Etzkowitz y Loet Leydesdorf, siendo estos últimos los propulsores de la implementación de un modelo de trabajo vinculado entre las empresas, el gobierno y la academia. Dicho modelo de innovación es conocido como la triple hélice, la cual se toma como la base de la operación de los modelos de hélice.

La base de los modelos de hélice se compone por tres actores: el gobierno, las empresas y la academia, en donde la participación activa de los tres actores es primordial, así mismo, la aplicación del modelo en ocasiones implementa una cuarta hélice, siendo la sociedad este cuarto actor (Etzkowitz, 2002).

Existen tres modelos de operación de la triple hélice, el primero es el modelo *laissez faire*, en el cual cada uno de los actores trabajan de manera aislada, persiguiendo un objetivo en común, no obstante, se ha demostrado que es el modelo menos funcional, puesto que, la falta de vinculación e interacción entre actores limita la generación de innovación y transferencia de tecnología y conocimiento (Etzkowitz and Leydesdorff, 2000). El segundo modelo es el estatista, en el cual el gobierno se encarga de la vinculación, siendo este quien dirige las acciones encaminadas al cumplimiento de objetivos, y los actores empresa y academia desempeñan un papel individual que atiende a las indicaciones del gobierno (Etzkowitz and Leydesdorff, 2000).

Cabe mencionar, que este es el modelo que más opera en países subdesarrollados, como son la mayoría de los países latinoamericanos. El tercer modelo es el de convergencia o modelo innovador, el cual opera a través de una importante vinculación e interacción entre actores, para el cual los actores se deben preparar primeramente de manera individual con las adaptaciones necesarias para la posterior vinculación con los otros actores. En este modelo el rol principal de la empresa es generar la tecnología de acuerdo a sus necesidades, la academia aporta la investigación y conocimiento, y el gobierno participa principalmente con la implementación de políticas públicas que permitan el desarrollo de las innovaciones (Etzkowitz and Leydesdorff, 2000). El modelo con mayor impacto en los resultados de innovación es el de convergencia, no obstante, es un modelo difícil de implementar dadas las necesidades de apertura, flexibilidad y adaptación por parte de los actores.

En tiempos recientes se ha modificado el modelo de acuerdo a las necesidades de los proyectos y también de acuerdo al autor que analice el modelo. Uno de los que más destacan y que actualmente comienza a ser más aceptado es la cuádruple hélice, modelo en el cual se suma como cuarto actor la sociedad, quien cumple principalmente un papel de gestor de actividades enfocadas a la atención de las necesidades de la población. Algunos otros autores implementan más hélices en los modelos, en donde toman como actores el ecosistema, los medios, las tecnologías de la información, a lo que Leydesdorff denomina la N-tuple hélice, no obstante, el autor sugiere apegarse al modelo inicial y tomar las otras hélices como elementos del modelo y no como actores, puesto que, de no ser así, se pueden presentar dificultades en la aplicación del modelo provocando incluso la limitación o nulidad en la innovación (Leydesdorff, 2012).

## Productos con valor agregado derivados del Nopal

El nopal también conocido como cactus o tuna, es una planta icónica de México, su origen se remonta a las antiguas civilizaciones mesoamericanas, en especial a la cultura azteca, existen evidencias arqueológicas que permiten afirmar que fueron las poblaciones indígenas asentadas en las zonas semiáridas de Mesoamérica las que iniciaron su cultivo de modo formal, utilizaban el nopal como alimento y como medicina, también utilizaban las espinas del nopal como agujas para coser y las fibras de sus hojas para hacer tejidos y papel (Pimienta, 1990). el nopal habría sido domesticado hace 9 mil años y, junto con el maguey, el maíz y el frijol, fue el alimento principal de los grupos chichimecas, ellos lo llamaron *nohpalli*, voz náhuatl que se transformó en nopal a la llegada de los españoles quienes quedaron impresionados por las propiedades nutritivas y curativas de la planta, y comenzaron a exportarla a Europa como un producto exótico, así al pasar los años, en México el nopal fue adoptado como un símbolo de resistencia contra los invasores españoles, y se convirtió en un elemento central de la cultura nacional un águila parada en un *nopal* devorando una serpiente es el emblema nacional es considerado una parte muy importante de la flora y riqueza ecológica de México, es protagonista de la cultura popular, la gastronomía y la medicina tradicional.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por su siglas en inglés) (2018) el nopal es una cactácea perenne xerófila, es resistente a la sequía debido a los cambios morfológicos que le permiten reducir la superficie de evaporación tales como: la forma globosa, atrofia del limbo, transformación de las hojas en escamas y espinas, gloquidios, engrosamiento de cutícula y de las células de los tegumentos, secreciones cerosas de las células epidérmicas, disminución y posición hundida de las estomas.

En ese mismo sentido señala Sáenz (*et al.*, 2006) que la taxonomía de los nopales es sumamente compleja debido a múltiples razones, entre otras porque sus fenotipos presentan gran variabilidad según las condiciones ambientales, se encuentran frecuentemente casos de poliploidía, se reproducen en forma sexual o asexual y existen numerosos híbridos interespecíficos.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2007) el cultivo de nopalitos alcanzó el status de cultivo formal en México en los 1980, cuando las estadísticas oficiales reportaron dos zonas productoras importantes, Milpa Alta, Tlalnepantla Morelos y ciudad de México, a partir de los 1990, la urbanización, el crecimiento demográfico combinado con las nuevas investigaciones sobre los beneficios a la salud atribuidos al consumo de nopalitos. Existe una falta de información sobre los modos de preparación y los efectos benéficos en la salud atribuidos a su consumo regular, asimismo el producto cocinado no es atractivo, además los posibles consumidores son desanimados por las espinas del nopal, las glóquidas y la liberación de mucílago durante la preparación.

De lo anterior podemos advertir los diferentes usos y aplicaciones de los nopales por los distintos sectores (FAO, 2018):

i. Agroindustria de alimentos y bebidas para consumo humano: producción de diversos alimentos, bebidas alcohólicas y analcohólicas de tuna y nopalitos; ii. Agroindustria de alimentos para animales: suplementos y piensos de cladodios y de desechos de la industria

procesadora de tuna, como las cáscaras y semillas;iii. Industria farmacéutica: protectores gástricos de extractos de mucílagos, cápsulas y tabletas de polvo de nopal; iv. Industria cosmética: cremas, champú, lociones de cladodios; v. Industria de suplementos alimenticios: fibra y harinas de cladodios; vi. Industria productora de aditivos naturales: gomas de cladodios y colorantes de la fruta; vii. Sector de la construcción: compuestos ligantes de los cladodios; viii. Sector energético: producción de biogás a partir de las pencas; ix. Sector productor de insumos para la agricultura: productos del nopal como mejoradores del drenaje de suelos; x. Sector turismo: artesanías con base en cladodios lignificados; y, xi. Industria textil: uso de colorantes naturales como el carmín de cochinilla.

Además de los usos descritos con anterioridad, el nopal es favorable para la degradación ambiental, por ello es importante promover su cultivo para detener este proceso. Para poder considerar al nopal como un valioso recurso natural y un material agrícola versátil es necesario proponer rápidamente enfoques innovadores, por ello mantiene su dominio el cual deriva de la ventaja competitiva con respecto a la producción en otros países, debido a la riqueza de su material genético, lo extenso de sus recursos agroclimáticos y la tradición del cultivo y uso de esta planta por los agricultores (FAO, 2018).

En México, se utilizan tres sistemas para la producción del nopal verdura: I) Nopaleras silvestres: ocupan una superficie de 3 millones de hectáreas con diferentes especies; II) Huertos familiares: la producción es de autoconsumo y comercialización en mercados regionales; III) Plantaciones comerciales: se utilizan dos sistemas de producción sistema tradicional: 15 mil a 40 mil plantas por hectárea y sistema de micro túneles o sistema intensivo: plantaciones de 120 000 a 160 000 plantas por hectárea. Este sistema permite altos rendimientos de producción aún en los meses fríos (Sáenz *et al.*, 2006).

El nopal se derivan productos para la industria de alimentos, farmacéutica y perfumería, la comercialización del nopal verdura se rige por el efecto de la oferta y la demanda, fenómeno que se presenta en cultivos no controlados, en el cual a menor disponibilidad del producto mayor precio del mismo, comercializándose en el lugar de origen, así como en la central de abastos y a su vez, se distribuye a intermediarios que lo venderán al consumidor final (Piñones, Acosta y Florence 2006).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2022) la importancia económica del nopal consiste en la producción de nopal en México genera empleos, ingresos, divisas, uso alternativo para al conservar el suelo en áreas susceptibles de desertificación, por su parte la importancia social del nopal. Ha permitido que grupos marginados y de subsistencia, obtengan empleo, se arraiguen en el campo, produzcan alimentos y generen ingresos para sus familias, es posible gracias a que el nopal se adapta a condiciones ambientales difíciles.

En consecuencia, señala el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, 2017) que la producción del nopal en México debe ser un elemento esencial de la agricultura para fortalecer el desarrollo del país no sólo como materia prima sino también tomando en consideración los productos finales que pueden tener potencial para proyectos comerciales viables bajo las condiciones que prevalecen en un país y en los potenciales mercados para exportación.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas Roma (2018), señalaron que el nopal es una planta útil para la prevención de la degradación del suelo, puede proveer materia prima para la industria, además que su cultivo quiere un bajo consumo de energía y agua para obtener rendimientos satisfactorio.

## Revisión de literatura

Se llevó a cabo la revisión de literatura que va desde los textos clásicos hasta los últimos documentos disponibles en el tema de innovación y en los productos con valor agregado derivados del nopal.

Dentro de la literatura encontrada se han analizado diferentes investigaciones sobre los conceptos de vinculación entre la universidad, el gobierno y la empresa, es decir, un análisis de los modelos de triple hélice, cuádruple hélice, penta hélice y la n-tuple hélice (véase tabla 1); así mismo se realizó una indagación literaria de diversos estudios de caso en los cuales se analizan los datos económicos más relevantes en relación a la producción nacional de nopal a nivel nacional (véase tabla 2).

Tabla 1. Revisión de literatura acerca de los modelos de hélice.

Autor (es)	Análisis
<b>Triple hélice</b>	
(Etzkowitz, 2002)	La interacción de los actores de la triple hélice se enfrenta actualmente a una necesidad constante de adaptación individual y colectiva frente a los cambios políticos tecnológicos que inciden en su convergencia, dichos cambios requieren una adaptación pues está cambiando la manera en que se genera la innovación y se capitaliza el conocimiento.
(Park, Hong and Leydesdorff, 2005)	Cada actor cumple un papel importante en el modelo de triple hélice, pero es importante que el gobierno diseñe e implemente las políticas necesarias para que las empresas puedan generar tecnología, y para que la academia pueda aportar el conocimiento, dando así paso al fomento de la cooperación, la interacción y la innovación basada en el conocimiento.
(Ponce y Güemes, 2008)	En la aplicación del modelo de triple hélice es importante identificar cuáles son aquellos factores que promueven e inhiben la vinculación en una región, dichas acciones ayudarán en la realización de cambios internos y estructurales, lo cual conlleva a generar políticas y actividades que fortalezcan las interacciones entre actores.
<b>Cuádruple hélice</b>	
(Urra, 2017)	A pesar de la actual crisis mundial, y contrario a lo que se pensaría, es conveniente aplicar un modelo que más allá de la triple hélice involucre a las comunidades en las interacciones en búsqueda de generar innovación social y desarrollo integral a través de la generación de redes y de la cooperación en proyectos e instituciones comunes.
(González, Lavín and	La sociedad civil como actor en el modelo de cuádruple hélice juega un rol importante como impulsor del emprendimiento tecnológico a través de su

Pedraza, 2020)	intervención en los procesos aportando proyectos colaborativos, eventos, estancias y estadías de alumnos.
<b>N-tuple hélice</b>	
(Leydesdorf f, 2012)	Implementar n-tuple hélices puede considerarse como añadir extensiones al modelo que podrían ser complicadas de aplicar y dimensionar por lo cual es recomendable apegarse al modelo base de triple hélice.
(Martínez, 2012)	La quinta hélice sistémica (empresa, academia, gobierno, cámaras empresariales y consultores) deben trabajar en la evaluación y formulación de políticas públicas que permitan el desarrollo de mega regiones y flujos fronterizos que aumenten la competitividad.
(Jusniyah, 2020)	Se necesita coordinación y colaboración como pre modelo inicial para lograr una colaboración hacia la sinergia de los actores gobierno, academia, empresas, comunidad y medios masivos, y con ello poder implementar un modelo de penta hélice.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Revisión de literatura sobre el nopal

<b>Autores</b>	<b>Análisis</b>
(FAO, 2018)	El nopal es una materia prima con viabilidad para producirlo, es resistente a la sequía debido a los cambios morfológicos, cuenta con un manejo rústico de poco mantenimiento. Usos del nopal: i. Agroindustria de alimentos y bebidas para consumo humano ii. Agroindustria de alimentos para animales iii. Industria farmacéutica iv. Industria de suplementos alimenticios v. Industria productora de aditivos naturales vi. Sector de la construcción vii. Sector energético viii. Sector productor de insumos para la agricultura ix. Sector turismo x. Industria textil
(Silvia Piñones Vásquez, Luis Alejandro Acosta Avila y Florence Tartanac, 2006)	Las alianzas productivas se basan, en un enfoque de cadena productiva, con el fin de lograr la integración al mercado de todos los eslabones de la cadena, contemplando a pequeños productores, problemas de información, financiamiento e innovación tecnológica entre los agentes productivos y las instituciones públicas y privadas locales que trabajan alrededor de una cadena determinada.
(Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2007)	Organizar en pequeñas medianas empresas a productores que se encuentran dispersos, con lo cual puedan tener mayor capacidad de negociación.
(Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2017)	Orientar la producción de nopal hacia su industrialización como productos nacionales con alto potencial de mercado en México y el mundo.
(Saenz, <i>et al.</i> , 2006)	Los programas y procesos comerciales, tecnológicos y sociales similares a los desarrollados en México podrían ser de interés como medio para aumentar el valor actual de las variedades de nopal así como sus productos.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas, 2018	El cultivo del nopal requiere un bajo consumo de energía y agua para obtener rendimientos satisfactorio, cumple una importante función en la agricultura de subsistencia por medio de la producción de frutas, forraje, verdura y colorantes naturales, es una planta útil para la prevención de la degradación del suelo, puede proveer materia prima para la industria.
---	---

Fuente: elaboración propia.

## Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se elaboró con una metodología de corte exploratorio y descriptiva, donde se analizaron temas que involucran los modelos de hélices, así como la industria del nopal. En la revisión bibliográfica se consultaron artículos y tesis, entre los cuales se filtraron y se hace mención a aquellos de naturaleza científica que realizan un aporte importante en el presente trabajo. Así mismo, se realiza un análisis estadístico descriptivo acerca de la producción nacional de nopal en el periodo de 1980 a 2021, cuyos datos se obtuvieron del SIAP (2023).

En el procesamiento de datos se utilizan datos obtenidos del SIAP los cuales se presentan a través de gráficas de líneas a través de los cuáles se grafican los datos históricos, posteriormente se realiza un análisis descriptivo de máximos y mínimos históricos y de las medidas de tendencia central media y desviación estándar, para lo cual, la media se considera que es la medida de tendencia central que resulta de sumar todos los valores de un conjunto de datos y dividir el total por el número de datos (véase ecuación 1), y la desviación estándar es una medida de cuánto se desvían los valores de datos de la media en un conjunto de valores muestrales (véase ecuación 2). Posteriormente, se realiza un breve análisis de correlación de bivariadas bajo la metodología de Pearson, mide la fuerza de la correlación lineal entre los valores cuantitativos pareados  $x$  y  $y$  en una muestra (véase ecuación 3). El coeficiente de correlación lineal oscila entre los valores de -1 hasta 1, si este es negativo representa una correlación negativa, y viceversa, en esa misma escala, entre más se acerque a 1 significa que existe mayor grado de correlación (Triola Mario, 2018).

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (1)$$

Dónde:

$\bar{x}$  = media

$\sum x$  = suma de todos los valores de datos

$n$  = número de valores de datos

$$s = \sqrt{\frac{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}} \quad (2)$$

Dónde:

$s$  = desviación estándar

$n$  = muestra

$\sum x$  = suma valores originales de la muestra

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}} \quad (3)$$

Donde:

$r$  = coeficiente de correlación lineal para los datos *muestrales*

$n$  = número de *pares* de datos muestrales.

$\sum$  = expresa la suma de los elementos indicados

$\sum x$  = suma de todos los valores  $x$ .

$\sum x^2$  = indica que cada valor  $x$  debe elevarse al cuadrado y después esos cuadrados deben sumarse.

$(\sum y)^2$  = indica que los valores de  $x$  deben sumarse y el total debe elevarse al cuadrado.

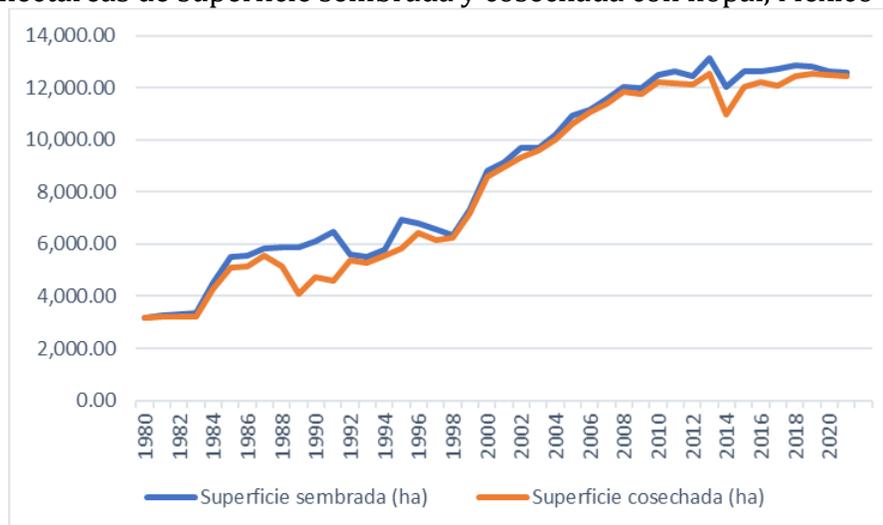
$\sum xy$  = indica que cada valor  $x$  debe multiplicarse por su correspondiente valor  $y$ . Después se debe obtener la suma de todos esos productos.

## Resultados

Para analizar el comportamiento de la producción de nopal en México se recurrió a buscar información en el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), para lo cual se encontró información desde 1980 hasta 2021, misma que se plasma en las gráficas que a continuación se muestran:

En la gráfica 1 se puede observar que el comportamiento de la superficie cosechada con respecto a la superficie sembrada tiene un comportamiento bastante similar, no obstante, puede observarse que en años como 1989 hasta 1992 el comportamiento indica que fue significativamente menor la superficie cosechada, así mismo para los años 2013 y 2014, lo que puede deberse a cuestiones principalmente de mermas, ya sea por cuestiones políticas, sociales o, lo que es más probable, por fenómenos naturales.

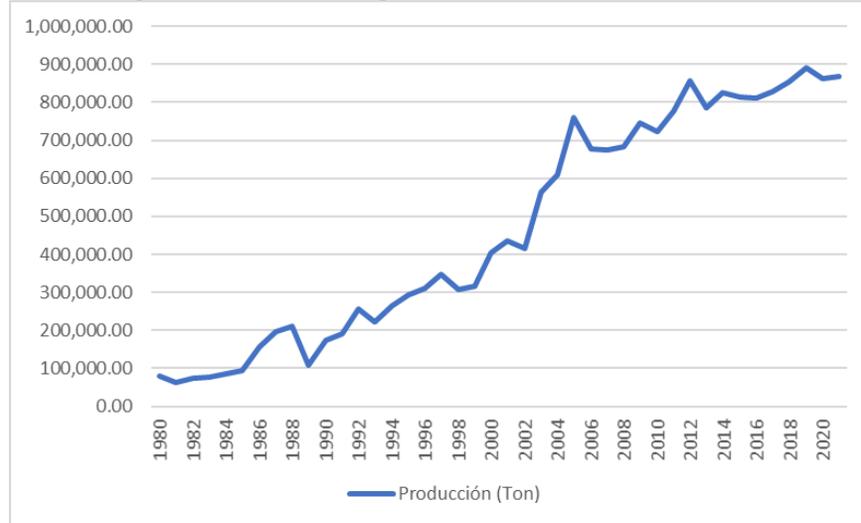
Gráfica 1: hectáreas de superficie sembrada y cosechada con nopal, México 1980 - 2020



Fuente: elaboración propia con base en: Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, (2023)

En la gráfica 2 se puede observar que la producción de nopal en México ha tenido un comportamiento predominantemente de crecimiento, salvo por el descenso presentado en 1988 y en 2006, la tendencia a lo largo de los 40 años observados ha sido de incremento en la producción nopalera, algo que puede deberse a diversos factores, como puede ser un aumento en la demanda, así como también podría deberse a los avances tecnológicos de cultivo del nopal.

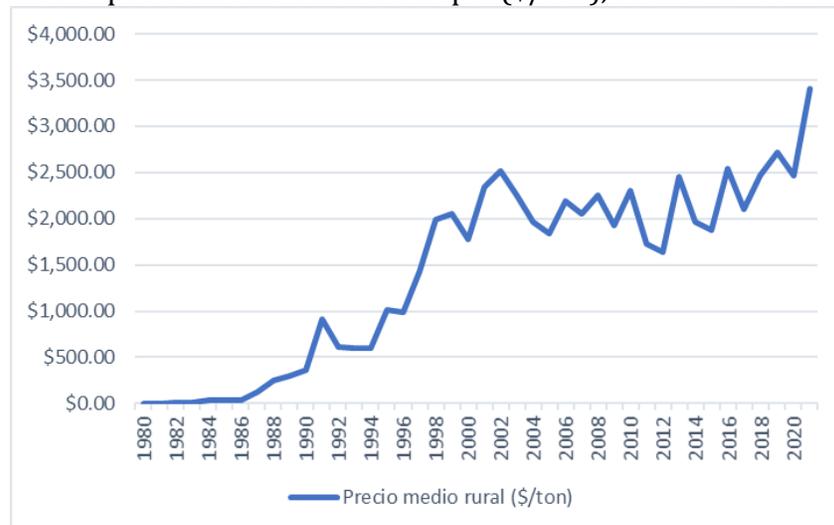
Gráfica 2: producción de nopal en toneladas, México 1980 - 2020



Fuente: elaboración propia con base en: Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, (2023)

En la gráfica 3 se puede observar que el comportamiento del precio medio rural por tonelada de nopal fue predominantemente alcista, no obstante, en 2003 comenzó a tener un comportamiento de constante fluctuación en el precio durante los próximos 17 años, siendo hasta 2021 donde se presenta un nuevo crecimiento significativo en el precio.

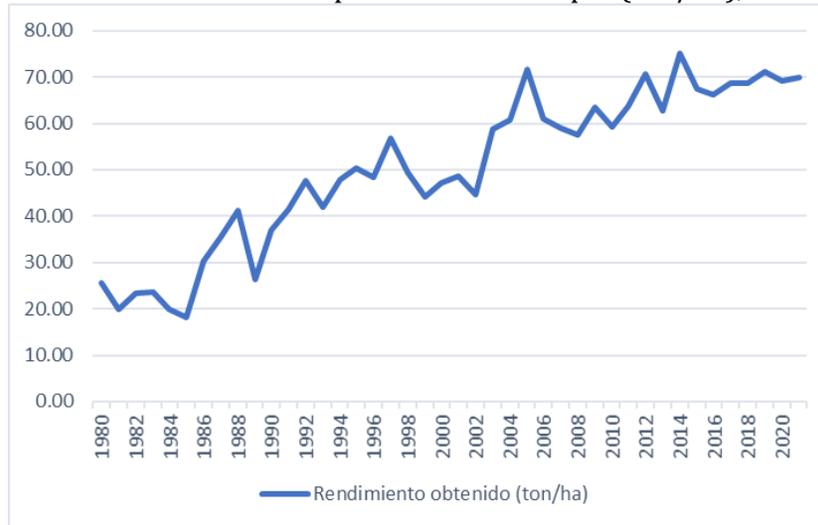
Gráfica 3: precio medio rural del nopal (\$/ton), México 1980 - 2020



Fuente: elaboración propia con base en: Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, (2023)

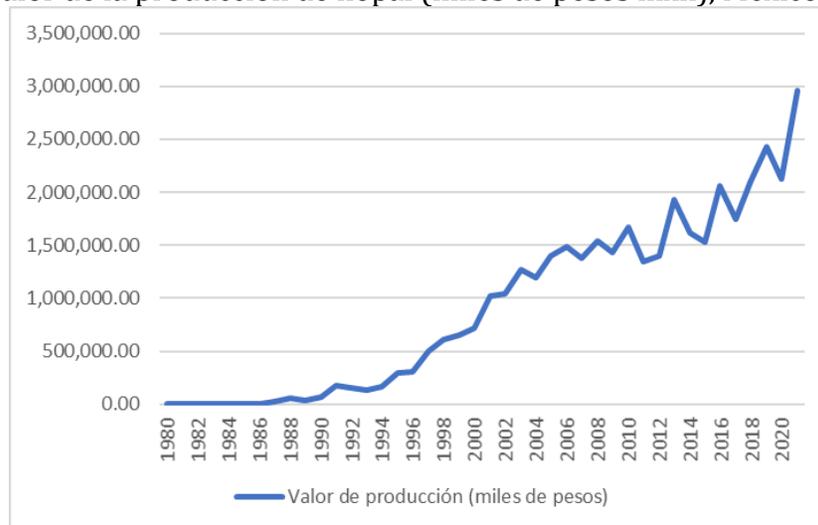
En la gráfica 4 se puede observar que el rendimiento que se obtiene de toneladas cosechadas por cada hectárea ha incrementado a lo largo de 40 años, no obstante, ha sido un crecimiento significativamente fluctuante, lo cual se podría explicar por los avances tecnológicos en las herramientas, métodos y aditamentos de cosecha del nopal (fertilizantes, plaguicidas, entre otros).

Gráfica 4: rendimiento obtenido de la producción de nopal (ton/ha), México 1980 - 2020



Fuente: elaboración propia con base en: Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, (2023)

Gráfica 5: valor de la producción de nopal (miles de pesos mxn), México 1980 - 2020



Fuente: elaboración propia con base en: Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, (2023)

En la gráfica 5 se puede observar cuál ha sido el valor en miles de pesos de la producción de nopal a nivel nacional, el cual, como bien se observa, tuvo un comportamiento constante y con un valor muy bajo de 1980 a 1989, posteriormente en 1990 comenzó a presentar un comportamiento predominantemente alcista, así mismo, se observa que a partir

de 2004 comenzó a presenta fluctuaciones de menores a mayores, presentando ya para 2018 y hasta 2021 fluctuaciones significativas con un cambio de 862,027.20 miles de pesos entre dichos años.

La información presentada anteriormente se procesó a través del programa IBM-SPSS para realizar un análisis estadístico descriptivo, y se obtuvieron los datos presentados en la tabla 3 que a continuación se muestra:

Tabla 3. Estadísticos descriptivos de la producción nopalera en México de 1980 a 2021

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Superficie sembrada (ha)	3150.00	13123.91	8726.45	3386.62
Superficie cosechada (ha)	3150.00	12522.69	8304.69	3433.21
Producción (Ton)	64041.00	891821.08	468964.86	295641.85
Rendimiento obtenido (ton/ha)	18.25	74.99	50.35	16.79
Precio medio rural (\$/ton)	1.50	3408.76	1431.95	985.86
Valor de producción (miles de pesos)	120.96	2962063.12	918220.56	829377.52

Fuente: elaboración propia con base en datos de SIAP (2023).

De acuerdo con la tabla 3, se puede observar que, durante el periodo de 1980 a 2021 en México, la menor superficie sembrada fue de 3,150 hectáreas (ha); la superficie máxima sembrada fue de 13,123.91 (ha), y en promedio, se siembra una superficie de 8,726.56 (ha) cada año, no obstante, debido al gran crecimiento de la producción desde el año inicial hasta el último año del periodo contemplado; la desviación estándar es muy alta, siendo ésta de 3,386.62 (ha) de dispersión de la media.

Así mismo, durante el referido periodo, la superficie cosechada mínima en hectáreas fue de 3,150 (ha), no obstante, es importante observar que la superficie máxima cosechada fue de 12,522.69 (ha), cuyo valor difiere de la superficie máxima cosechada, dicha variación podría ser explicada por diversas causas como pueden ser fenómenos naturales, sequías, plagas, entre otros; por otra parte, el promedio de superficie cosechada cada año es de 8,304.69 (ha); y finalmente, al igual que con la superficie sembrada, la superficie cosechada tiene una desviación estándar de 3,433.22 (ha) siendo este un valor alto que, puede ser explicado por el aumento de la producción desde inicios hasta el año más reciente del periodo contemplado para la generación de los estadísticos en cuestión.

En el caso de la producción, para el periodo de 1980 a 2021, la producción mínima fue de 64,041 toneladas (ton); la producción máxima fue de 891,821.08 (ton), es decir, la producción aumentó casi 14 veces desde inicios del periodo hasta 2019 que fue el año con la mayor producción registrada; en promedio cada año se producen 468,964.87 (ton), y una alta desviación estándar con un valor de 195,641.86 (ton), y en ambos se explica su alta variación, al igual que en los casos anteriormente mencionados, por el aumento en la producción desde 1980 hasta los años más recientes, cabe mencionar que esto también significa que existe una alta tendencia creciente hacia la producción de nopal.

Los rendimientos mínimos obtenidos de toneladas cosechadas por cada hectárea fueron de 18.25 (ton/ha); el máximo de toneladas cosechadas por cada hectárea fue de 74.99 (ton/ha); por lo tanto, el promedio de toneladas de nopal cosechadas por cada hectárea sembrada es de 50.35 (ton/ha); con una desviación estándar de 16.79 (ton/ha).

En un inicio, en el medio rural el precio mínimo pagado por cada tonelada era de 1.50 pesos mexicanos (\$/ton); posteriormente con la inflación, la depreciación de la moneda, y otros factores económicos se alcanzó el valor actual de 3,408.76 (\$/ton), siendo este el precio máximo alcanzado durante el periodo, y en el cual se observa prevalemente un comportamiento alcista; para lo cual, el promedio de precio por tonelada histórico es de 1,431.95 (\$/ton).

Finalmente, el valor mínimo de la producción nacional fue de \$120,960 pesos mexicanos; el valor máximo fue de \$2,962'063,120; y en promedio cada año se generaron \$918'220,561.4 derivados de la producción de nopal.

Tabla 4. Correlación de bivariadas de Pearson

		Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción (Ton)
Superficie sembrada (ha)	Correlación	1	0.99**	0.97**
	Sig. (bilateral)		0.00	0.000
	N	42	42	42
Superficie cosechada (ha)	Correlación	0.99**	1	0.98**
	Sig. (bilateral)	0.00		0.00
	N	42	42	42
Producción (Ton)	Correlación	0.97**	0.98**	1
	Sig. (bilateral)	0.000	0.00	
	Sig. (bilateral)	0.00	0.00	
	N	42	42	42
Rendimiento obtenido (ton/ha)	Correlación	0.91**	0.90**	0.94**
	Sig. (bilateral)	0.00	0.00	0.00
	N	42	42	42
Precio medio rural (\$/ton)	Correlación	0.88**	0.89**	0.86**
	Sig. (bilateral)	0.00	0.00	0.00
	N	42	42	42
Valor de producción (miles de pesos)	Correlación	0.94*	.94**	.95**
	Sig. (bilateral)	0.00	0.00	0.00
	N	42	42	42

Fuente: elaboración propia con base en datos del SIAP (2023).

En la tabla 4 se puede observar la correlación de bivariadas bajo la metodología de Pearson, para lo cual se observa que todos los elementos tienen una correlación significativa con los otros, no obstante, en su mayoría la significancia más alta está representada por la producción, lo cual quiere decir que el rendimiento obtenido, el precio medio rural y el valor de la producción nacional incrementa de manera significativa y directamente al a par de la producción nacional de nopal; así mismo, es importante observar y comprender que la

producción es determinada por la superficie cosechada, y ésta última es determinada por la superficie sembrada. Sin embargo, es importante resaltar que, si bien, la superficie sembrada y cosechada, así como la producción tienen una correlación significativa en el precio medio rural, es el elemento con menor grado de significancia en todas las correlaciones de la tabla, es decir, si influyen en el precio medio rural, pero es el elemento (de los mencionados) en el que menos el movimiento de los valores.

## **Conclusiones**

Por la naturaleza del sector nopalero es conveniente que se implemente el modelo de cuádruple hélice en el proceso de innovación, dado que el impacto de dicho sector es alto en la sociedad, siendo México un país con una cultura agropecuaria en la cual se conservan estrechos los vínculos entre las comunidades productoras, aunado al impacto social que tiene dicha industria en la sociedad, es decir, en las regiones donde se produce el nopal.

Por ello se presentan diversas oportunidades en relación a la producción del nopal tales como ampliar el reconocimiento internacional, tenemos ante nosotros una herramienta de remediación ambiental, estimular los mercados y los negocios relacionados con la industrialización del nopal, el nopal puede convertirse en un motor de desarrollo local, es necesario incentivar la creación de productos con valor agregado que deriven del nopal, a través de cadenas de valor que fomenten la competitividad y desarrollo económico.

Bajo la premisa anterior de que la innovación es el principal determinante en los rendimientos obtenidos de la creación de productos con valor agregado derivados del nopal, y con el precepto de que el aumento en los rendimientos de dicha producción se puede favorecer el desarrollo local regional, es importante relacionar la importancia de la implementación de los modelos de hélice con urgencia entorno a dicha producción, puesto que si se genera innovación y transferencia de tecnología entre los agremiados, es decir, si se aplican los modelos de hélice, se puede incrementar la competitividad del sector.

De acuerdo al análisis de los modelos de hélices y del nopal, se considera que es recomendable la implementación urgente del modelo preferentemente de cuádruple hélice, en el cual se contemplan a las comunidad a través de proyectos e instituciones que con la creación de redes y de cooperación converjan en la generación de políticas, estrategias, presupuestos, investigación, conocimientos y desarrollo que sean propulsores de la producción y creación de productos de nopal para aumentar la competitividad del sector, generando con ello desarrollo local-regional.

La aplicación de modelos de hélices en la producción del nopal, así como en la elaboración y comercialización de productos creados a partir del mismo, es fundamental para atacar las debilidades y amenazas que presenta el sector, a través de la creación de vínculos que generen innovación y tecnología que permitan incrementar la productividad de los productores, así como la creación de nuevos productos que generen un incremento en la demanda, mismos que a través de la aplicación del conocimiento de expertos involucrados, y de la investigación misma, ayude a la colocación de los producto en el mercado extranjero, mejorando así la competitividad del sector, y generando con ello desarrollo regional.

## Referencias

- Etzkowitz, H.** (2002) 'La triple hélice: universidad, industria y gobierno. Implicaciones para las políticas y la evaluación', p. 17. Available at: [www.sister.nu](http://www.sister.nu).
- Etzkowitz, H. and Leydesdorff, L.** (2000) 'The dynamics of innovation: From National Systems and "mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations', *Research Policy*, 29(2), pp. 109–123. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4).
- Flores, C.** (1994). *Producción, industrialización y comercialización del nopal como verdura en México*. México: Universidad de Chapingo.
- González, A., Lavín, J. and Pedraza, N.** (2020) 'El papel de los actores de la cuádruple hélice en el emprendimiento tecnológico de Tamaulipas', *Paradigma económico*, 12(2), pp. 93–124. Available at: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=431564346005>.
- Ignacio Orona-Castillo, José de Jesús Espinoza A., Enrique Troyo-Diéquez, Bernardo Murillo-Amador, José Luis Garcia-Hernández
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura** (2017). *Caracterización del SIAL nopal verdura y fruta en el estado de Hidalgo*. México: Colegio del Estado de Hidalgo. Disponible en: [http://www.elcolegiodehidalgo.edu.mx/descargas/publicaciones/SIAL\\_diagnostico.pdf](http://www.elcolegiodehidalgo.edu.mx/descargas/publicaciones/SIAL_diagnostico.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía** (2007). *Características principales del cultivo de nopal en el Distrito Federal: caso Milpa Alta: Censo Agropecuario 2007*. México: INEGI Disponible en: [https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bv/inegi/productos/censos/agropecuario/2007/agricola/nopal\\_df/CulnopDF.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bv/inegi/productos/censos/agropecuario/2007/agricola/nopal_df/CulnopDF.pdf)
- Jusniyah** (2020) 'Implementación del modelo de pentahélice como base del desarrollo potencial turístico en el distrito de Kediri'.
- Leydesdorff, L.** (2012) 'The Triple Helix, Quadruple Helix, ..., and an N-Tuple of Helices: Explanatory Models for Analyzing the Knowledge-Based Economy?', *Journal of the Knowledge Economy*, 3(1), pp. 25–35. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13132-011-0049-4>.
- Martínez, R.** (2012) 'Fifth Systemic Helix (Fsh), a Method for Assessing the International Competitiveness of Electronics Sector in Baja California, Mexico', 41(110). Available at: <https://doi.org/|>.
- Méndez Gallegos, S.J. & Martínez Hernandez, J. de J.** (1988). Efecto de la fertilización química y orgánica en tres formas de nopal (*Opuntia spp*), sobre el rendimiento, en una plantación comercial de Ojocaliente, Zacatecas. En Memorias Reuniao Nacional e International Sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, Universidad Autónoma Agraria, Saltillo, Mexico, pp. 127–144
- Mondragón. C. y E. Pimienta.** (1990). Corrección del amarillamiento del nopal tunero: una posible deficiencia nutrimental. In: memorias del IV Congreso Nacional y II Congreso

Internacional Sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Zacatecas, Zac., México, pp. 26-27

**Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas Roma** (2018). *Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal*. Roma: FAO. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i7628es/I7628ES.pdf>

**Park, H.W., Hong, H.D. and Leydesdorff, L.** (2005) 'A comparison of the knowledge-based innovation systems in the economies of South Korea and the Netherlands using Triple Helix indicators', *Scientometrics*, 65(1), pp. 3-27. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11192-005-0257-4>.

**Pimienta, E.** (1990). *El nopal tunero*. México: Universidad de Guadalajara.

**Piñones V. S, Acosta L. A y Tartanac F** (2006). *Alianzas Productivas en Agroclústeres Experiencias de la FAO en América Latina*. Santiago, Chile: Organización de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en: <http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/bitstream/123456789/522/1/Alianzas%20productivas%20en%20agroclústeres%20experiencias%20de%20la%20FAO%20en%20América%20Latina.pdf>

**Ponce, I.E. and Guemes, D.** (2008) 'Factores clave en la vinculación de la triple hélice: matriz del estado del arte', in *XVII Congreso Latino Iberoamericano de Gestión Tecnológica-ALTEC*, pp. 1-14.

**Sáenz C., Berger H., Corrales J., Galletti L., García J., Higuera I., Mondragón C., Rodríguez A., Sepúlveda A., Varnero M.** (2006) *Utilización agroindustrial del nopal*. Roma: FAO. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120301/Utilizacion-agroindustrial-del-nopal.pdf?sequence=1>

**Triola, Mario F.** (2018) *Estadística*. Pearson

**Urra, M.** (2017) *Estado, mercado, academia ... y comunidad*. UNA. Universidad Pontificia de Comillas de Madrid. Available at: <http://hdl.handle.net/11531/26826>.