



Las opiniones y los contenidos de los trabajos publicados son responsabilidad de los autores, por tanto, no necesariamente coinciden con los de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad.



Esta obra por la Red Internacional de Investigadores en Competitividad se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported. Basada en una obra en riico.net.

El maíz azul y su competitividad como producto agrícola estratégico

Oscar Montaña-Arango¹

*José Ramón Corona-Armenta**

*Mayra Rivera-Anaya***

Resumen

La búsqueda de una mayor competitividad de productos agrícolas potencialmente estratégicos a través del impulso al desarrollo de herramientas de apoyo al sector, se realiza a través de una metodología para registrar, estudiar y comprender el potencial estratégico de estos bienes. En el caso del maíz azul, se revisó desde el cultivo, los productos elaborados, las propiedades que posee, los centros de investigación que lo estudian y el tipo de investigación realizado; además de las regiones de cultivo, los beneficios para la salud (prevención de enfermedades, efectos antiinflamatorios y anticancerígenos, control de la presión arterial, prevención de diabetes y síndrome metabólico), así como los productos elaborados (tortillas, tlacoyos, harina, atole, pinole y vino). Esta información posibilitó establecer las formas de aprovechamiento de este recurso y crear los fundamentos para mejorar la competitividad a través de proyectos comerciales y la mejora de la cadena de suministro del producto investigado.

Palabras clave: Maíz azul, potencial estratégico de un producto, beneficio al ser humano, cadena de suministro, producto agrícola.

Abstract

Research for greater competitiveness of potentially strategic agricultural products through the promotion of the development of support tools for the sector, is carried out through a methodology to register, study and understand the strategic potential of these goods. In the case of blue corn, it was reviewed from the cultivation, the products made, the properties it possesses, the research centers that study it and the type of research carried out; In addition to the growing regions, the health benefits (disease prevention, anti-inflammatory and anticancer effects, blood pressure control, prevention of diabetes and metabolic syndrome), as well as the products made (tortillas, tlacoyos, flour, atole, pinole and wine). This information made it possible to establish the forms of use of this resource and create

¹ ***Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería-Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

the foundations to improve competitiveness through commercial projects and the improvement of the supply chain of the investigated product.

Keywords: Blue corn, strategic potential of a product, benefit to the human being, supply chain, agricultural product.

Introducción

La generación y mejora de ideas para impulsar la competitividad económica en regiones con condiciones favorables se logra gracias al desarrollo y manejo regional de productos agropecuarios con potencial en salud y nutrición (Riveros y Heinrichs, 2014).

México está entre los principales productores globales de maíz (INIFAI, 2020). El ciclo de cultivo es anual. Según De la Parra, Serna y Hai (2007), se pueden identificar diferentes derivados del maíz como tortillas, alimentos para mascotas, biocombustibles, aceites, almidones, dextrosa, fructosa, glucosa y etanol. Además, se emplea en la producción de papel, plástico sustituto, medicamentos, solventes, alcoholes, artesanías, edulcorantes y pigmentos, entre otros, todo a base de maíz. Ello sin perder su significado cultural (CONABIO, 2016).

Basándose en el hecho de que el Teosinte es el pariente más cercano del maíz y su progenitor, Wellhausen, et al (1951) indican que varios estudios han asumido que el maíz proviene de México. Sin embargo, Mangelsdorf y Smith (1949) debaten sobre el maíz prehistórico en Nuevo México, tratando de probar que la variedad inicial del cultivo era una forma de maíz con envoltura y no una descendiente de Teosinte. Según CONABIO (2016), México tiene unos 60 tipos distintos de maíz, siendo los Teosintles sus antepasados salvajes. Es importante recordar que cada variedad presenta diferencias genéticas específicas en cada región debido a factores como el suelo, las plagas, los usos y el clima.

El maíz azul crece hasta alcanzar seis metros de altura, con hojas similares a vainas que envuelven el tallo, dos o tres mazorcas agrupadas y una gran cantidad de flores en la parte superior. Una vez que ha sido esparcido el polen, las flores se secan y se tornan de color marrón (Galarza, 2005). Cada mazorca contiene entre 8 y 30 hileras de granos de maíz, con hilos sedosos en la punta (Betrán, et al, 2001). Las antocianinas en la capa que cubre el endospermo, formada por almidón y proteínas, determinan las propiedades funcionales y el color azul del maíz (Lindeboom, et al, 2004; Mishra y Raid, 2006).

Dado que el maíz es fundamental en la alimentación de los mexicanos, es de gran importancia para su soberanía alimentaria y bienestar. Además, el maíz azul cuenta con propiedades nutricionales y antioxidantes superiores a otras variedades.

Marco teórico

El potencial estratégico de un producto

Se refiere a la capacidad y oportunidades que tiene este bien para generar ventajas competitivas y alcanzar los objetivos de la empresa en el mercado en el que opera. Es una evaluación de su valor y potencial para influir en el éxito general de la organización.

El potencial estratégico de un producto depende de varios factores, entre ellos:

- **Diferenciación:** La capacidad del producto para destacarse y ofrecer características únicas o beneficios que lo hagan atractivo para los consumidores en comparación con los productos de la competencia.
- **Demanda del mercado:** El tamaño y la tasa de crecimiento del mercado objetivo para el producto, así como la identificación de segmentos de clientes que pueden estar interesados en adquirirlo.
- **Ciclo de vida del producto:** La etapa en la que se encuentra el producto en su ciclo de vida (introducción, crecimiento, madurez o declive) y cómo esto afecta su potencial de crecimiento y rentabilidad.
- **Capacidad de producción y distribución:** La capacidad de la empresa para producir el producto en cantidad suficiente y distribuirlo de manera efectiva para satisfacer la demanda del mercado.
- **Recursos y habilidades de la organización:** Los recursos financieros, tecnológicos, humanos y de conocimiento que la empresa posee para desarrollar, lanzar y mantener el producto en el mercado.
- **Competencia:** La intensidad de la competencia en el mercado y la capacidad de la empresa para posicionarse estratégicamente frente a los competidores.
- **Sostenibilidad:** La capacidad del producto para mantener su relevancia y competitividad a largo plazo, evitando la obsolescencia y respondiendo a las necesidades cambiantes de los consumidores.

Evaluar el potencial estratégico de un producto es fundamental para la toma de decisiones empresariales, ya que permite identificar oportunidades de mejora, áreas de enfoque y la asignación adecuada de recursos para lograr el éxito en el mercado.

Problemática

Las políticas del gobierno, la infraestructura, la inversión, la investigación, el desarrollo, la capacidad de plantación, la capacitación y la infraestructura afectan la cadena de valor del maíz azul (Hellin, et al, 2013). Dadas las características de consumo y los beneficios para la salud, hay una gran oportunidad de desarrollar su competitividad en el mercado. Es importante identificar los eslabones

de la cadena de suministro y su potencial, mejorar el acceso a los mercados y comprender la transición de productor a consumidor, lo que es fundamental para el apoyo y desarrollo de estrategias de negocios (Riveros y Heinrichs, 2014).

Aparte del tamaño, densidad, dureza del grano y composición química, influenciados por la genética, hay muchas variedades de maíz azul en México. No obstante, el crecimiento de las plantas también se ve afectado por las técnicas de cultivo, el clima, el suelo y otros factores ambientales (Agama, et al, 2011).

La mayoría de los granos de maíz azul son harinosos, tienen un endospermo blando y muestran una coloración azul en la aleurona debido a las antocianinas, lo que les da un aspecto casi negro (Betrán, et al, 2001). La alimentación de la planta y las altas temperaturas afectan la duración de la formación del grano, lo cual influye en el tamaño y peso del grano al final. El estrés hídrico disminuye las células que recolectan almidón.

Las razas nativas de maíz azul se cultivan en dos áreas principales de México, en los Valles Altos de la Mesa Central, donde se encuentran las variedades Chalqueo (de irrigación) y Cónico (de lluvia), y en el noreste, donde se encuentra la variedad Tabloncillo (Agama, Salinas, Pacheco, y Bello).

Propiedades

El maíz azul contiene una importante cantidad de carbohidratos, casi el 2% del total de su peso son azúcares (65% de estos azúcares están en el germen), junto con fructosa, glucosa, sacarosa, maltosa, rafinosa y algunos oligosacáridos. Aproximadamente el 80% del grano son carbohidratos complejos, predominando los polisacáridos, tanto estructurales como de reserva. Los polisacáridos de nivel estructural, tales como la pectina, hemicelulosa, celulosa y lignina, están presentes en las paredes del grano. El almidón, que es una reserva de polisacáridos, se halla en el endospermo y está compuesto, en promedio, por un 75% de amilopectina y un 25% de amilosa. Esta proporción varía dependiendo de la semilla y la genética (Boyer y Shannon, 2003).

El maíz azul contiene un 10% de proteínas que incluyen albúminas, globulinas, glutelinas y prolaminas, y también tiene niveles bajos de triptófano. Las albúminas contienen los aminoácidos esenciales necesarios como fenilalanina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, treonina y metionina (Badui, 2006).

El maíz azul contiene 5% de lípidos, 84% en el grano y el 16% en el endospermo. Los triglicéridos, que son una parte esencial de los lípidos, están mayormente formados por los ácidos grasos oleico y linoleico, junto con el palmítico, el esteárico y el linolénico. Debido a su elevada cantidad de antioxidantes naturales, los lípidos se mantienen estables, lo cual la convierte en una excelente fuente de ácidos grasos y aceites de gran calidad (Boyer y Shannon, 2003).

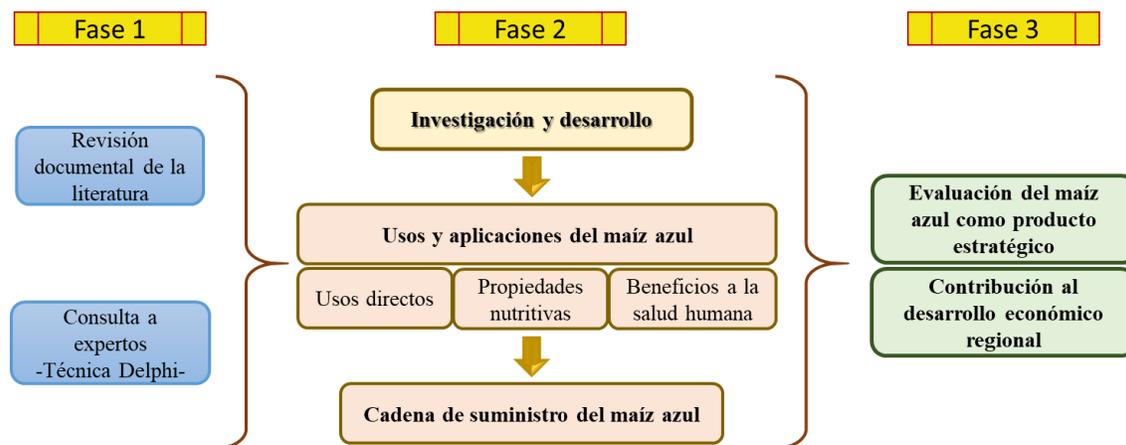
Contiene fibra dietética, vitamina A y, en menor medida, vitaminas E, B y C también se encuentran en el maíz azul. Es rico en proteínas gracias a sus altos niveles de lisina y triptófano. Se analizaron cinco tipos de maíz azul y se encontró que todos presentaban un contenido de lisina superior a las variedades más comunes de maíz blanco y amarillo. Además de ser más rico en minerales, el maíz azul es una fuente de proteína más completa (Dickerson, 2003). Suministra una cantidad significativa de antocianinas, que se pueden usar como antioxidantes (Lopez, et al, 2009; Li, Kim, et al, 2008, Zhao, et al, 2008, De la Parra, et al, 2007, Stintzing y Carle, 2004, Styles y Ceska, 1972).

Producción

México produce aproximadamente 27 millones de toneladas de maíz, Sinaloa es el estado líder en producción con más de 5 millones de toneladas. La distribución por color es: 91.5% maíz blanco, 8% amarillo y el resto de otros colores. En México, el maíz azul se cultiva en los estados de Chiapas, Jalisco, Chihuahua, Guerrero, Puebla, Michoacán, Tlaxcala, Hidalgo y Estado de México. Entre ellos, el Estado de México destaca como el principal productor con 200 mil toneladas anuales, según el INIFAP en 2020. Las principales áreas de cultivo se encuentran en los estados de México, Tlaxcala, Puebla e Hidalgo, donde los rendimientos son bajos debido a la falta de tecnología y conocimiento técnico.

Figura 1

Metodología desarrollada



Fuente: Elaboración propia

Metodología

La investigación se organiza en tres fases, de acuerdo con lo mostrado en la figura 1.

Fase 1A. Búsqueda documental en la literatura.

Es el proceso de localizar y recopilar información relevante y actualizada sobre un tema específico en la literatura científica, académica y técnica. Esta búsqueda se realiza con el objetivo de obtener referencias bibliográficas que respalden y sustenten la investigación, tesis, trabajo académico o cualquier otro proyecto que requiera fundamentación científica. Se lleva a cabo utilizando diversas bases de datos académicas, bibliotecas digitales y motores de búsqueda especializados que contienen artículos científicos, revistas académicas, conferencias, tesis y otros materiales relacionados con la investigación científica.

Para realizar una búsqueda documental efectiva, es importante definir claramente los términos de búsqueda y utilizar palabras clave relevantes para el tema de interés. Los resultados de la búsqueda se presentan en forma de referencias bibliográficas que incluyen detalles sobre el autor, el título del artículo, el nombre de la revista o conferencia, el año de publicación y otra información relevante para identificar y acceder al documento completo.

Al finalizar la información obtenida es ordenada, clasificada y sintetizada, para que, de acuerdo con lo obtenido, se pueda, a través de la observación, tener un panorama completo sobre la información, que permita a su vez determinar las diversas vías que puede tener la investigación.

Fase 1B. El grupo de expertos y la técnica Delphi

La técnica Delphi es un método de recopilación de opiniones y pronósticos que realiza un grupo de especialistas sobre un tema específico. Fue desarrollado por primera vez en la década de 1950 por los investigadores Dalkey y Helmer en el Instituto Rand. Esta técnica se utiliza ampliamente en campos como la toma de decisiones, la planificación estratégica, la prospectiva tecnológica y el desarrollo de escenarios futuros.

El proceso de la técnica Delphi generalmente se lleva a cabo en varias rondas. En la primera ronda, se envía un cuestionario o encuesta a un grupo de expertos anónimos que poseen conocimientos en el área de interés. Los expertos responden a preguntas abiertas o cerradas sobre el tema en cuestión y proporcionan justificaciones para sus respuestas. Luego, en rondas sucesivas, se compilan y resumen las respuestas de la primera ronda y se envían nuevamente a los expertos para que puedan revisarlas y ajustar sus opiniones en función de los comentarios de los demás participantes. Este proceso puede repetirse varias veces hasta que se alcance un consenso o se obtenga una convergencia en las opiniones de los expertos.

La importancia del grupo de expertos en la técnica Delphi radica en que su conocimiento y experiencia se utilizan para predecir y evaluar posibles escenarios futuros o tomar decisiones

informadas. Al involucrar a un grupo diverso de expertos, se pueden obtener múltiples perspectivas y se puede reducir el sesgo individual, lo que permite una evaluación más objetiva del tema en cuestión (Sánchez Guerrero, 2016; Astigarraga, 2003).

Fase 2A. Integración de resultados de la técnica Delphi

Una vez llegado a acuerdos generales entre los expertos, se realiza el análisis e integración de la información obtenida a través de la técnica Delphi.

Fase 2B. Determinación de los usos y aplicaciones del producto (maíz azul)

Se elaboran los diferentes apartados para los usos y aplicaciones para el maíz azul, a saber:

- Usos directos
- Propiedades nutritivas
- Propiedades en beneficio de la salud humana

Fase 2C. Se integra la información en la cadena de suministro.

Se constituye y complementa la cadena de suministro con la información obtenida, en donde se revisan los diferentes eslabones que la conforman y de esta forma se puedan analizar los componentes de cada uno de los eslabones, desde su cultivo hasta llegar al consumidor final en cualquiera de las presentaciones que se le pueda dar a los diversos bienes terminales.

Fase 3A. Evaluación del maíz azul como producto estratégico.

De acuerdo con la información obtenida evaluar la potencialidad del maíz azul como producto estratégico de tipo agrícola.

Fase 3B. Determinación del impacto potencial y de competitividad del producto en estudio.

Ya contando con la totalidad de la inflación recabada y analizada, se procede a determinar el impacto que el producto, en este caso el maíz azul, puede tener de forma potencial en la competitividad que permita el desarrollo económico local o regional.

Resultados

De acuerdo con la información recopilada, se enfatiza lo que a continuación se indica:

Rendimiento. El Altiplano Central de México produce anualmente 200,000 toneladas de maíz, con una demanda potencial de 300,000 toneladas, problema generado por el bajo rendimiento atribuido a la falta de capacitación técnica, lo que afecta su precio (70 por ciento por encima del maíz blanco) (Arellano, et al, 2011). De acuerdo con CIMMYT (2020), para aumentar los rendimientos se necesita fortalecer todos los elementos de la cadena de valor del maíz azul.

Marco regulatorio. En México existe todo un sistema normativo y regulatorio para las variedades del maíz, las cuales se muestran en la tabla 1:

Tabla 1*Normas sobre el maíz aplicables en México.*

Sistema Normativo para el Maíz en México		
Tipo	Código	Descripción
Internacional	FAO-CODEX STAN 153-1985	Maíz utilizado como alimento humano, presentado en forma envasada o vendido suelto directamente del envase al consumidor.
Nacional	NOM-188-SSA1-2002	Control de aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal
Nacional	NOM-187-SSA1/SCFI-2002	Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan
Nacional	NMX-FF-034-SCFI-2020	Productos alimenticios no industrializados
Nacional	NMX-FF-034/1-2020	Productos alimenticios no industrializados para consumo humano

Fuente: Elaboración propia

Nutrición. El maíz azul tiene más valor nutricional que el maíz amarillo. Contiene más lisina, con 2.3 mg/g en comparación con los 1.4 mg/g del maíz híbrido amarillo (Dickerson, 1990). Además, tiene un índice glucémico más bajo que el maíz normal, menos almidón y un 20% más de proteínas que el maíz blanco (Méndez, et al, 2005).

El maíz azul en México se utiliza principalmente para hacer harinas, tortillas, atole, pinole y tlacoyos. Su sabor dulce lo hace cada vez más popular entre los consumidores. (Méndez y colegas, 2005). Se ha demostrado que la nixtamalización puede dañar el grano y reducir el contenido de antocianinas en un 30% al hacer tortillas (De la Parra, et al, 2007). Arellano, et al (2003) afirman que el maíz azul tiene potencial en la extracción de pigmentos y en la producción de frituras.

Beneficio a la salud. Según Kraft (2008), comer maíz azul está asociado de forma indirecta con beneficios para la salud, ya que contiene antioxidantes que reducen el daño causado por los radicales libres, promoviendo así la prevención del cáncer, enfermedades neurodegenerativas e inflamaciones.

Joseph, et al (2013) mostraron que consumir antioxidantes puede revertir los efectos negativos del envejecimiento. Los compuestos fenólicos presentes en el maíz azul proporcionan beneficios fisicoquímicos. Wang y Mazza (2002) encontraron que los vegetales ricos en antocianinas tienen fuertes propiedades antioxidantes contra diversas formas de radicales libres. El maíz azul tiene muchas antocianinas que tienen efectos terapéuticos como reducir problemas de corazón, proteger contra el cáncer y tumores, disminuir la inflamación y controlar la diabetes. También se ha notado mejoras en la vista y en el rendimiento cognitivo. Los beneficios terapéuticos derivan de su capacidad antioxidante y se ha demostrado que las antocianinas reducen la oxidación de las lipoproteínas y regulan las plaquetas (Hagiwara, et al, 2002; Timberlake, 1980).

Los ácidos fenólicos del maíz azul reducen los efectos oxidativos del envejecimiento y combaten enfermedades como arteriosclerosis, diabetes, cáncer y cirrosis; también generan una sinergia entre los distintos ácidos fenólicos (Scalbert y Williamson, 2000).

Según la Agencia Iberoamericana para la Difusión de la Ciencia y la Tecnología (DICYT, 2015), la Universidad Autónoma de Sinaloa realizó un estudio para crear una bebida saludable utilizando maíz azul y frijol negro con propiedades para controlar la presión arterial y la diabetes.

Perea (2014) explica que consumir antocianinas directamente del maíz puede tener un efecto en el colon. Sin embargo, si el maíz azul se procesa para hacer tortillas, las antocianinas se vuelven menos complejas, lo que permite una mayor absorción desde el estómago y su paso a través de la sangre. Esto puede ser especialmente beneficioso para combatir las células cancerígenas de la sangre que causan la leucemia. Estudios resaltan que consumir antocianinas beneficia en diabetes, enfermedades del corazón, inflamación, Alzheimer y otros problemas de salud.

Según la Fundación Carlos Slim, los antioxidantes del maíz azul previenen el cáncer, enfermedades del corazón, síndrome metabólico y diabetes. Esto ha generado interés en usar sus beneficios en alimentos saludables.

Bebidas. Según Cultura Colectiva News (2017), investigadores de la Universidad Autónoma Metropolitana están trabajando en un proyecto para recuperar una bebida antigua llamada sendechó, que es una cerveza casera hecha de maíz. Una bebida de maíz fermentado, de color café, con poca acidez y alcohol. La cerveza se elabora con maíz azul y rojo (debido a su color similar al de las uvas por las antocianinas antioxidantes) y chile guajillo en pasta, que puede ser saludable.

Tabla 2

Instituciones que cuentan con investigación sobre el maíz azul

<p>UNIVERSIDADES</p> <ul style="list-style-type: none">• Nacional Autónoma de México (UNAM)• Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH)• Autónoma Metropolitana (UAM)• Veracruzana (UV)• Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) <p>POLITÉCNICOS O TECNOLÓGICOS</p> <ul style="list-style-type: none">• Politécnico Nacional (IPN)• Tecnológico de Veracruz (ITV) <p>INSTITUTOS FEDERALES</p> <ul style="list-style-type: none">• Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)• Nacional de la Economía Social (INES)	<p>SECRETARÍAS DE ESTADO</p> <ul style="list-style-type: none">• Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA)• Desarrollo Rural y Equidad para las Comunidades de la Ciudad de México <p>CENTRO DE INVESTIGACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none">• Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV)• Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. <p>OTROS</p> <ul style="list-style-type: none">• Fundación Produce• Museo Nacional de Culturas Populares• Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA)
--	--

Fuente: Elaboración propia

Centros de investigación. En México, son diversas las instituciones que se dedican a la investigación del maíz azul, estas se encuentran concentradas en la tabla 2.

Cadena de suministro. Del análisis desarrollado se configura la cadena de suministro que se muestra en la figura 2, la cual es una base para potenciar la competitividad del maíz azul y subproductos, así como dar el sustento a planes de negocios que contribuyan en el desarrollo económico de las regiones y localidades.

Del análisis de los resultados, se llega a la conceptualización mostrada en la figura 3, en donde se observan los diferentes elementos ligados al maíz azul como producto de base, el cual debido a las propiedades que tiene en los diversos productos que llegan al consumidor final, y debido a las regiones en donde se cultiva y procesa, además del conocimiento de su cadena de suministro, se puede determinar que tiene los elementos necesarios para poder considerarlo como un producto estratégico que es competitivo y que potencialmente tiene las cualidades para considerarlo como un detonador local y regional en las zonas en donde se produce.

Figura 2

Elementos constitutivos de la cadena de suministro del maíz azul

Producción/Proveedores	Características Materia prima	Procesamiento	Subproductos	Almacenamiento	Distribución
<p>Los ciclos productivos del maíz, se dividen en dos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Primavera-verano - Otoño-invierno <p>Los rendimientos de producción del maíz azul dependen de factores como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Clima - Temperatura - Lluvia anual - Altitud - Suelo - Formas de cultivo - Potencial genético de la semilla <p>En México, las más importantes regiones para cultivar el maíz azul son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Valles Altos de la Mesa central: Edo. México y Tlaxcala (De riego y temporal) - Zona Noreste: Sinaloa <p>Desarrollo de la planta:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Del tallo de la planta nacen de dos a tres inflorescencias densas (mazorcas) - El número de granos de cada fila de las mazorcas varía de ocho a treinta <p>La mayor parte del volúmen de maíz azul es cultivado por pequeños productores y normalmente es para autoconsumo.</p> <p>Forma de abasto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Directamente con el productor. - A través de intermediarios. 	<p>En México, hay una gran diversidad en variedades del maíz azul, las cuales se relacionan con múltiples razas</p> <p>Factores de variabilidad en el grano de las variedades del maíz azul:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tamaño - Densidad - Dureza del grano - Composición química <p>Las principales variedades criollas del maíz azul cultivadas en México son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Raza Chalqueño - Raza Cónico - Raza Tabloncillo 	<p>El maíz es sometido a molienda o a un proceso de nixtamalización</p> <p>Fermentación de sustratos de maíz azul y frijol negro a través del crecimiento de microorganismos en presencia de poco líquido libre.</p> <p>Fermentación del maíz malteado, mezclado pasta del chile guajillo.</p> <p>Las principales investigaciones que se llevan a cabo, se enfocan en evaluar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Su valor alimenticio - Contenido de ácidos fenólicos, que se utilizan con fines terapéuticos y antioxidantes - Contenido de antocianinas, las cuales tienen efectos terapéuticos (enfermedad coronaria), efectos anticancerígenos, antitumorales, antiinflamatorios y anti-diabéticos, mejora la agudeza visual y el comportamiento cognitivo 	<p>Harina para hacer:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Masa para hacer tortillas, atole y otros alimentos (mezclada con agua hirviendo) - Pinole (agregando azúcar o piloncillo) <p>Bebida con alto potencial antihipertensivo y anti-diabético.</p> <p>Cerveza artesanal de maíz que puede traer beneficios a la salud.</p> <p>Investigación en proceso</p>	<p>Con un periodo de conservación de seis meses a 1 año</p> <p>Investigación en proceso</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Almacén de grano pequeño distribuidor - Central de abastos - Mercados - Grandes tiendas - Recauderías.

Fuente: Elaboración propia

Figura 3

Potencial económico del maíz azul



Fuente: Elaboración propia

Ello dependerá también del cumplimiento de las regulaciones nacionales e internacionales, así como de la promoción de políticas y apoyos gubernamentales para la economía en el campo y la investigación de la cadena de suministro.

Lo anterior, permite conocer la gama de productos que se pueden elaborar, de tipo primario para consumo alimenticio, así como las propiedades que permiten la producción de bienes de apoyo a la salud -hasta ahora conocidos-, y con ello establecer lineamientos para la elaboración de estrategias comerciales que permitan incidir a lo largo de la cadena de suministro, además el conocimiento de la valía de los productos también tiene impacto en la toma de decisiones para el apoyo al campo, sobre todo en cuanto a mejora técnica de las zonas que actualmente realizan este cultivo, pero sobre todo por el potencial económico y social que el maíz azul representa.

Conclusiones

Después de analizar teóricamente el potencial alimenticio y los beneficios para la salud del maíz azul como producto regional, se concluye que su impacto conlleva un incremento en su competitividad a través de un beneficio económico y el desarrollo regional.

A través de la investigación, se ha identificado el potencial de la cadena de valor en los eslabones de la cadena de suministro. Esto incluye mejorar los procesos de cultivo, la investigación y el desarrollo para aprovechar mejor su uso alimenticio y su participación en insumos medicinales, especialmente en tratamientos alternativos antiinflamatorios, antioxidantes, anticancerígenos y para el manejo de la hipertensión. Estas mejoras tienen como objetivo mejorar el impacto en el mercado, lo que implica beneficios utilitarios y socioeconómicos a nivel regional. Todo esto, además, debe estar reflejado en un plan de negocios de impacto local o regional.

La realización de esta investigación, permite determinar los lineamientos que se deben generar a lo largo de la cadena de suministro para este producto, sobre todo al conocer el potencial que tiene tanto como alimento y por las propiedades en beneficio de la salud, a través de este estudio se permitió mejorar la comprensión sobre el producto, con lo cual se puede impactar en las diversas formas de aprovechamiento al conocer las propiedades alimenticias y de beneficio a la salud, con ello contar con una base sólida para mejorar la competitividad a través de proyectos sociales, económicos y comerciales; la determinación de políticas públicas que incidan de base en las regiones de cultivo y comercialización primaria del producto, y mejora general al conocer la cadena de suministro del producto investigado, así como los lugares en donde se debe incurrir para tener un mayor beneficio.

Referencias

- Agama, E., Salinas, Y., Pacheco, G., y Bello, L. (2011). Características físicas y químicas de dos razas de maíz azul: morfología del almidón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 317-329.
- Arellano, J., Rojas, I. y Gutiérrez, G. (2013). Híbridos y variedades sintéticas de maíz azul para el Altiplano Central de México: potencial agronómico y estabilidad del rendimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4 (7), 999-1011.
- Arellano, J., Tut, C., Ramírez, A, Salinas, Y. y Taboada, O. (2003). Maíz azul de los valles altos de México. 1. Rendimiento de grano y caracteres agronómicos, *Rev. Fitotecnia Mexicana*, 26 (2), 101-107.
- Arellano, V., Virgen, V., Ávila, P., y Rojas, M. (2011). H-70 Híbrido de maíz de alto rendimiento para áreas de temporal y riego del Altiplano Central de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), 34.
- ASERCA. (06 de octubre de 2017). *Productos del campo mexicano presentes en el V Foro Mundial de la Gastronomía Mexicana*. Obtenido de: <https://www.gob.mx/aserca/articulos/productos-del-campo-mexicano-presentes-en-el-v-foro-mundial-de-la-gastronomia-mexicana>
- Astigarraga, E. (2003). El método delphi. *Universidad de Deusto*, 14. https://www.academia.edu/1778724/El_M%C3%A9todo_Delphi_Universidad_de_Deusto
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. Alambra Mexicana, S.A.
- Balbi, C., García, P., Ferrero, A., y Bonilla, J. (2006). Calidad de diferentes híbridos de maíz colorado o “Flint” para la industria cervecera en la provincia de Corrientes. *Agrotecnia*, 16, 30-32.
- Betrán, F., Bockholt, A., y Rooney, L. (2001). *Blue corn*. In: *speciality corns*. Ed. A. R. Hallauer, 203-301. CRCPress.
- Biodiversidad Mexicana. (2010). *Razas de maíz de México*. Obtenido de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/ usos/maices/grupos/SChihuahua/Azul.html>
- Boyer, C. y Shannon, J. (2003). *Carbohydrates of the kernel*. In *Corn: Chemistry and Technology*, Ed. 2. Eds. White, P. y Johnson, L. 289-311. American Association of Cereal Chemists
- Castañeda, A. (2011). Propiedades nutricionales y antioxidantes del maíz azul (*Zea mays* L.). *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 5 (2), 75-83.
- CC News (2017). *La cerveza hecha con maíz y chile guajillo desarrollada por investigadores mexicanos*. Obtenido de: <https://news.culturacolectiva.com/noticias/desarrollan-cerveza-con-antioxidantes/>
- CIMMYT (2020). *Maíz azul de alto potencial productivo*. Obtenido de: <https://idp.cimmyt.org/maiz-azul-de-alto-potencial-productivo/>

- Codex Alimentarius. (2019). *FAO Norma para el maíz*. Obtenido de: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/pt/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B153-1985%252FCXS_153s.pdf
- CONABIO. (2016). *Maize is the biological, agricultural, cultural and economic heritage of Mexico*. Obtenido de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/ usos/maices/razas2012.html>
- De la Parra, C., Serna, S., y Hai, R. (2007). Effect of processing on the phytochemical profiles and antioxidant activity of corn of production of masa, tortillas and tortilla chips. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 4177-4183.
- Delegación SAGARPA Guerrero. (27 de julio de 2017). *Guerrero ocupa sexto lugar en producción de maíz*. Obtenido de: <https://www.gob.mx/agricultura/guerrero/articulos/guerrero-ocupa-sexto-lugar-en-produccion-de-maiz?idiom=es>
- Delegación SAGARPA Jalisco. (22 de agosto de 2014). *Desarrollan en el DF Proyecto Integral para Procesar Maíz Criollo Azul*. Obtenido de: <https://www.gob.mx/agricultura%7Cjalisco/prensa/desarrollan-en-el-df-proyecto-integral-para-procesar-maiz-criollo-azul>
- Delegación SAGARPA Oaxaca. (20 de junio de 2014). *Avanza la SAGARPA en la conservación y reproducción del maíz criollo*. Obtenido de: <https://www.gob.mx/agricultura%7Coaxaca/articulos/avanza-la-sagarpa-en-la-conservacion-y-reproduccion-del-maiz-criollo>
- Deschamps, L. (2010). *Hacia la consolidación de un sistema mexicano de innovación agroalimentaria*. IICA. Recuperado de: <http://repiica.iica.int/docs/B2050e/B2050e.pdf>
- Dickerson, G. (1990). *Blue Corn Production and Marketing in New Mexico*. Co-op Ext. Serv. Guide H-226.
- Dickerson, G. (2003). *Nutritional analysis of New Mexico blue corn and dent corn kernels*. Cooperative Extension of Agriculture, New Mexico State University, 1-2.
- DICYT (2015). *Encuentran en frijol negro y maíz azul potencial para hacer bebida antidiabética*. Obtenido de: <http://www.dicyt.com/noticias/encuentran-en-frijol-negro-y-maiz-azul-potencial-para-hacer-bebida-antidiabetica>
- Fundación Carlos Slim. (2017). *Nuevo estudio examina los múltiples beneficios a la salud del maíz azul*. Obtenido de: <https://salud.carlosslim.org/nuevo-estudio-examina-los-multiples-beneficios-a-la-salud-del-maiz-azul/>
- Galarza, J. (2005). *Situación actual y perspectivas del maíz en México 1990-2004*. Obtenido de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/97933/maiz90-04.pdf>

- Hagiwara, A., Yoshino, H., Ichihara, T., Kawabe, M., Tamano, S., y Aoki, H. (2002). Prevention by natural food anthocyanins, purple sweet potato color and red cabbage color, of 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-B]pyridine (phip)-associated colorectal carcinogenesis in rats. *Journal of Toxicology Science*, 27, 57-68.
- Hellin, J., Keleman, A., López, D., Donnet, L. y Flores, D. (2013). La importancia de los nichos de Mercado. Un estudio de caso del maíz azul y del maíz para pozole en México. *Revista Fitotec. Mex.*, 36 (6), 315-328.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (14 de enero de 2020). *Maíz azul: coloreando nuestras tradiciones*. Obtenido de: <https://www.gob.mx/inifap/es/articulos/maiz-azul-coloreando-nuestras-tradiciones?idiom=es#:~:text=El%20consumo%20de%20este%20grano,vez%20m%C3%A1s%20personas%20lo%20prefieren.>
- Joseph, J., Arendash, G., Gordon, M., Diamond, D., Shukitt, B. y Morgan, D. (2013). Blueberry supplementation enhances signaling and prevents behavioral deficits in an Alzheimer disease model. *Neuroscience*, 153-162.
- Kraft, T. (2008). Phytochemical Composition and Metabolic Performance Enhancing Activity of Dietary Berries Traditionally Used by Native North Americans. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56 (3), 654-660.
- Li, C., Kim, H., Won, S., Min, H., Park, K., Park, J., Ahn, M. y Rhee, H. (2008). Corn husk as a potential source of anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (23), 11413-11416.
- Lindeboom, N., Chang, P., y Tyler, R. (2004). Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review. *Starch/Starke*, 56 (3-4), 89-99.
- Lopez, L., Oliart, R., Valerio, G. y Lee, C. (2009). Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *LWT-Food Science and Technology*, 42 (6), 1187-1197.
- Mangelsdorf, P., y Smith, C. (1949). New archaeological evidence on evolution in maize. *Botanical Museum Leaflets, Harvard University*, 13 (8), 213-259.
- Méndez, G., Solorza, J., Velázquez, M., Gómez, N., Paredes, O. y Bello, L. (2005). Composición química y caracterización calorimétrica de híbridos y variedades de maíz cultivadas en México. *Agrociencia*, 39 (3), 267-274.

- Miguel, M., Arellano, J., García, G., Miranda, S., Mejía, A. y González, F. (2004). Variedades criollas de maíz azul raza chalqueño. Características agronómicas y calidad de semilla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27 (1), 9-15.
- NMX-FF-034/1-SCFI-2020 (2 de mayo de 2022). *Productos alimenticios para uso humano no industrializados-Cereales-Maíz-Parte I: granos para tortillas y productos nixtamalizados-especificaciones y métodos de prueba*.
- NMX-FF-034-2020 (16 de junio de 2021). *Productos alimenticios para uso humano no industrializados-Cereales-Maíz (Zea mays L.) Especificaciones y métodos de prueba*.
- NOM-187-SSA1/SCFI-2002 (18 de agosto de 2003). *Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba*. Obtenido de: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/187ssa1scfi02.html>
- NOM-188-SSA1-2002 (15 de octubre de 2022). *Productos y Servicios. Control de aflatoxinas en cereales para consumo humano y animal. Especificaciones sanitarias*. Obtenido de: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/188ssa12.html>
- Perales, H. (2008). Maíz, riqueza de México. *Ciencias*, 92 (93), 46-55.
- Perea, E. (2014). *Maíz y tortilla azul vs enfermedades crónicas degenerativas*. Obtenido de: <http://imagenagropecuaria.com/2014/maiz-y-tortilla-azul-vs-enfermedades-cronicodegenerativas/>
- Riveros, H. y Wienke, H. (2017). *Valor agregado en los productos de origen agropecuario: Aspectos conceptuales y operativos*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <http://repiica.iica.int/docs/B3327e/B3327e.pdf>
- Sanchez Guerrero, G. (2016). *Técnicas Heurísticas Participativas para la Planeación*. Plaza y Valdés.
- Scalbert, A., y Williamson, G. (2000). Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *The Journal of Nutrition*, 130 (8), 2073-2085.
- Secretaría de Bienestar (09 de febrero de 2018). *SEDESOL impulsa el desarrollo social del estado de Tlaxcala*. Obtenido de: <https://www.gob.mx/bienestar/articulos/sedesol-impulsa-el-desarrollo-social-del-estado-de-tlaxcala?tab=>
- Secretaría de Cultura (06 de abril de 2017). *Abren la exposición La milpa. Pueblos del maíz en el Museo Nacional de Culturas Populares*. Obtenido de: <https://www.gob.mx/cultura/prensa/abren-la-exposicion-la-milpa-pueblos-del-maiz-en-el-museo-nacional-de-culturas-populares>

- SEPI (01 de noviembre de 2017). *Sederec presentó recetario “Hijos del maíz” para promover el consumo de este cultivo nativo de la CDMX.* Obtenido de: <https://www.sepi.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/sederec-presento-recetario-hijos-del-maiz-para-promover-el-consumo-de-este-cultivo-nativo-de-la-cdmx>
- Stintzing, F., y Carle, R. (2004). Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food and in human nutrition. *Trends in Food Science & Technology*, 15, 19-38.
- Styles, E., y Ceska, O. (1972). Flavonoid pigments in genetic strains of maize. *Journal of Phytochemistry*, 11 (10), 3019-3021.
- Timberlake, C. (1980). Anthocyanins-occurrence, extraction and chemistry. *Food Chemistry*, 5 (1), 69-80.
- Wellhausen, E., Roberts, L. y Hernández, E. (1951). *Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución.* Folleto Técnico No. 5, Oficina de Estudios Especiales, Secretaría de Agricultura y Ganadería y Fundación Rockefeller. México. Obtenido de: https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/50301000/Races_of_Maize/Raza_Mexico_0_Book.pdf
- Zhao, X., Corrales, M., Zhang, C., Hu, X., Ma, Y., y Tauscher, B. (2008). Composition and thermal stability of anthocyanins from Chinese purple corn (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (22), 10761-10766.