

Agenda de investigación para inducir la innovación y transferencia de tecnología en el cultivo de maíz

Santiago Ruiz-Ramírez^{1,2}; Jorge Cadena-Iñiguez^{1*}; Carlos H. Avendaño-Arrazate³; Brenda I. Trejo-Tellez¹; Jorge D. Cadena-Zamudio³, Gildardo Aquino-Pérez¹

¹ Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México C.P. 78621.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, Avenida de la Biodiversidad #2470. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. C.P. 47600.

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro Nacional de Recursos Genéticos, Boulevard de la Biodiversidad #400. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. C.P. 47600.

* Correspondencia: jocadena@colpos.mx

Cómo citar: Ruiz-Ramírez, S., Cadena-Iñiguez, J., Avendaño-Arrazate, C. H., Trejo-Tellez, B. I., Cadena-Zamudio, J. D., & Aquino-Pérez, G. Agenda de investigación para inducir la innovación y transferencia de tecnología en el cultivo de maíz. *Agro-Divulgación*, 5(3). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i3.529>

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

Publicado en línea: Diciembre 2025.

Agro-Divulgación, 5(3). Mayo-Junio. 2025. pp: 67-79.

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



Problema

El cultivo de maíz, es de gran importancia económica debido a sus usos y aplicaciones, sin embargo, cuenta con limitaciones científicas (baja generación de conocimiento), tecnológicas (baja adopción y transferencia de tecnología), sin dejar de mencionar los aspectos sociales, económicos y ambientales, impactando en la seguridad alimentaria, sostenibilidad de recursos naturales e innovaciones tecnológicas.

Solución planteada

Proponer desarrollos e innovaciones tecnológicas, fortalecer la capacidad y competitividad del cultivo del maíz, identificando problemas y estrategias, a través de líneas de investigación y productos que pueden contribuir, solucionar y fortalecer los principales problemas planteados. Por lo que se presenta la agenda de investigación para inducir la innovación y transferencia de tecnología en el cultivo de maíz, que contempla seis líneas de investigación, que continuación se describen.



Línea de investigación 1

Evaluación de la sostenibilidad del modelo de producción de semillas de maíz.

Contexto general del tema

El modelo de producción de semilla de maíz (*Zea mays* L.) en nuestro país es limitado, existen dos modelos en Latinoamérica, Modelo Horizontal (predomina en México) contempla una o pocas etapas de la agroindustria de la semilla en su actividad total, lo que hace dependiente de otras empresas o instituciones de investigación y educación para complementar lo que requiere la industria de la semilla y Modelo vertical (por empresas transnacionales) incluye todas las etapas de la agroindustria de la semilla. Es importante realizar un estudio de la situación actual, describir y proponer mejoras al modelo actual de producción de semilla de maíz.

Objetivo general

Evaluar la sostenibilidad y desarrollar un modelo de producción de semilla mejorada de maíz, que ayuden a incrementar los rendimientos y margen de ganancia a través del uso y regulación de innovaciones en la agricultura y semillas mejoradas, aplicable por el productor y que tenga impacto en la sociedad de los altos de Jalisco.

Objetivos específicos

- Describir el modelo actual de producción de semilla de maíz.
- Identificar las variables socioeconómicas y ambientales que determinan la eficiencia del modelo actual de producción de semilla de maíz.
- Proponer las mejoras tecnológicas para el modelo de producción de semilla de maíz.

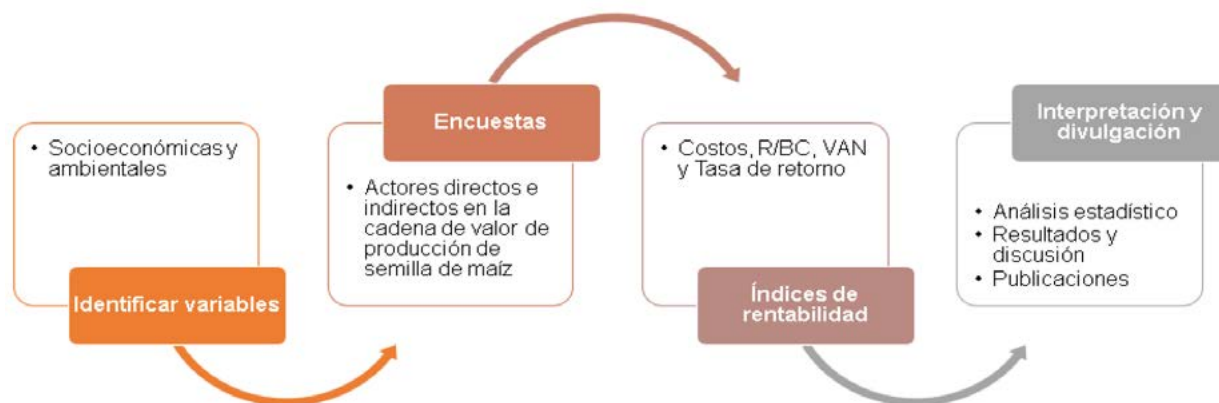
Metas

- En un periodo de cuatro años se puede lograr un modelo mejorado de producción de semilla, con identificación de los eslabones de la cadena de valor.

Hipótesis

- La propuesta de un modelo innovador en los sistemas de producción de maíz en México y particularmente en la región altos de Jalisco aumentará el margen de ganancia de los productores y generará un impacto en familias de la región.

Fases (métodos y variables)



Pregunta simple	Pregunta de investigación	Título	Objetivos	VARIABLES	Análisis estadístico	Discusión	Propiedad intelectual (productos)
¿Es posible mejorar el modelo de producción de semilla de maíz?	Evaluar la sostenibilidad del modelo de producción de semillas de maíz.	Evaluación de la sostenibilidad del modelo de producción de semillas de maíz.	<p>Describir el modelo actual de producción de semilla de maíz.</p> <p>Identificar las variables socioeconómicas y ambientales que determinan la eficiencia del modelo actual de producción de semilla de maíz.</p> <p>Proponer las mejoras tecnológicas para el modelo de producción de semilla de maíz.</p>	<p>Diagramas de flujo, tiempos, movimientos y rendimientos económicos, sociales y técnicos del modelo actual.</p> <p>Una encuesta a agentes que participan en la cadena de valor del maíz (investigación, producción, beneficiado acopio, distribución, comercialización, transformación). Edad, genero, escolaridad y actividad principal.</p> <p>Índices de rentabilidad (costos, relación beneficio/costo “R/BC”, valor actual neto “VAN”, tasa interna de retorno “TIR”).</p>	<p>Análisis multivariado (CP), gráfico, mapas, diagramas, listado de acciones de mejora con base en rentabilidad técnica, social, económica y su impacto en cada eslabón de la cadena.</p>	<p>Comparación del modelo actual con el propuesto que lleva las mejoras.</p> <p>Aumento de la adopción de las mejoras que induzcan la innovación.</p> <p>Mayor índice de dispersión económica entre los actores de los eslabones de la cadena de valor.</p>	<p>Artículo científico, de Divulgación, un modelo mejorado de producción de semilla, con identificación de los eslabones de la cadena de valor.</p>

Línea de investigación 2

Aplicación y evaluación de propuestas al modelo de transferencia tecnológica (MTT) de semilla de maíz

Contexto general del tema

Para agilizar la disposición de tecnología (progenitores, la formación y liberación de híbridos) a las empresas nacionales y asociaciones dedicadas a la producción de semilla, es posible generar tecnologías para cada necesidad, para ello es necesario cubrir un determinado protocolo para cada material, zona o región y que durante el proceso cuentan una serie de problemas técnicos no contemplados y esto nos conlleva a tomar decisiones de nuevas prácticas de manejo para brindar soluciones y mejoras al proceso de la cadena de valor, de esta manera se disponen de herramientas necesarias para hacer llegar la tecnología al campo Mexicano e impactando en la adopción de tecnología (transferencia) y seguridad alimentaria, como temas estratégicos principales, de esta manera atender los principales problemas del cultivo maíz.

Objetivo general

- Desarrollar un modelo de transferencia tecnológica de semilla mejorada de maíz, en un territorio específico.

Objetivos específicos

- Identificar y comparar los modelos de transferencia tecnológica actuales de semilla de maíz en una muestra territorial.
- Identificar las variables causales de la eficiencia de los modelos de transferencia tecnológica, que impactan en la adopción de los usuarios.
- Definir conceptualmente cuando se trata de un modelo de transferencia tecnológica y un modelo de comercialización.

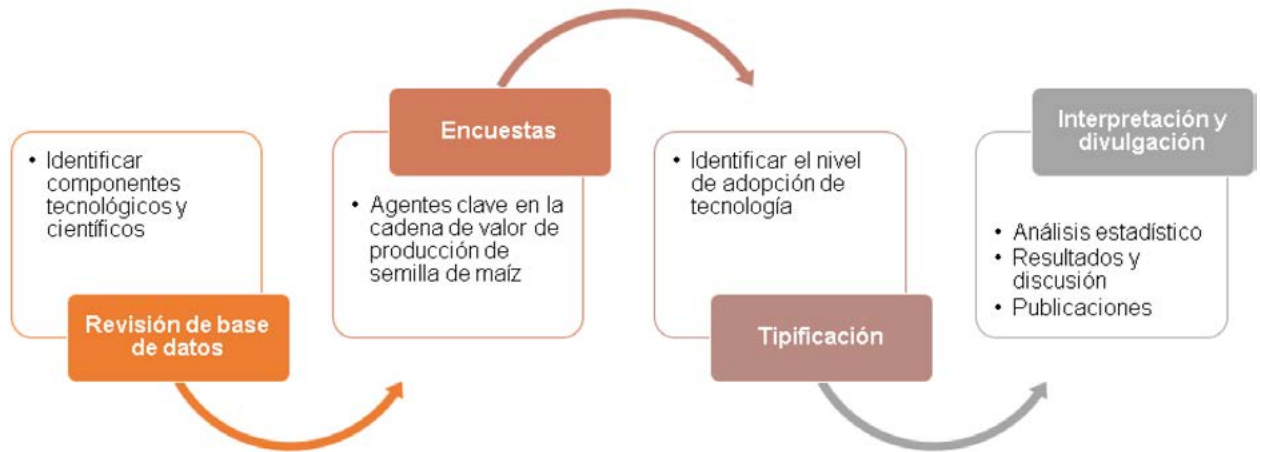
Metas

- En un periodo de dos años, obtener una propuesta de un modelo de transferencia tecnológica de semilla mejorada de maíz.

Hipótesis

- El identificar las variables causales es posible implementar, proponer y modificar el modelo actual de transferencia tecnológica de semilla de maíz.

Fases (métodos y variables)



Pregunta simple	Pregunta de investigación	Título	Objetivos	Variables	Análisis estadístico	Discusión	Propiedad intelectual (productos)
¿Se puede modificar el modelo actual de transferencia tecnológica de semilla de maíz?	Implementar las modificaciones al modelo actual de transferencia tecnológica de semilla de maíz	Aplicación y evaluación de propuestas al modelo de transferencia tecnológica (MTT) de semilla de maíz	<p>Identificar y comparar los modelos de transferencia tecnológica actuales de semilla de maíz en una muestra territorial.</p> <p>Identificar las variables causales de la eficiencia de los modelos de transferencia tecnológica, que impactan en la adopción de los usuarios.</p> <p>Definir conceptualmente cuando se trata de un modelo de transferencia tecnológica y un modelo de comercialización.</p>	<p>Revisión de base de datos disponibles para identificar variables de componentes tecnológicos y científicos que estructuran los modelos de transferencia.</p> <p>Encuesta a agentes clave de la cadena de valor de producción de maíz, para identificar que variables determinan cuando es un MTT y su nivel de adopción.</p> <p>Determinar el nivel de aceptación y adopción del MTT para conocer la tipificación de usuarios (edad, género, escolaridad, actividad, superficie, tenencia, migración)</p>	<p>Mediante un metaanálisis, que describa los MTT con base en publicaciones</p> <p>Un análisis multivariado por correspondencia, gráficos de relevo generacional, incluso correlaciones.</p>	<p>El metaanálisis dará información si existe literatura reciente sobre MTT.</p> <p>Identificar las variables de mayor peso estadístico y la varianza acumulada explicativa para la prospección y mejorar los MTT que induzcan innovaciones.</p> <p>Definir las variables que mínimamente estructuran un MTT y hacen la diferencia con un modelo de comercialización de semilla.</p> <p>Discutir el nivel de riesgos y oportunidades del MTT con base en el relevo generacional y caracteres de los usuarios.</p>	Artículo científico, de divulgación, propuesta de modelo de transferencia tecnológica de semilla mejorada de maíz (Indautor).

Línea de investigación 3

Tecnologías innovadoras para el mejoramiento del cultivo de maíz

Contexto general del tema

En México el modelo horizontal de producción de semilla es predominante, las empresas nacionales productoras de semilla a la cual se les suministran progenitores (categoría registrada), para la formación de híbridos (categoría certificada), dependen instituciones de enseñanza e investigación, entre otras, requiere varios aspectos que representa costos de producción como es el caso del mejoramiento genético de la cual derivan las variedades mejoradas, también va a depender de avances de la investigación del manejo agronómico relacionadas a tecnologías actuales, entre otros aspectos son los diferentes tipos de mercado a la cual se orienta la producción y al destino del producto, de ahí muchas veces adoptar tecnologías, avances de tecnologías crean resistencia, es decir, factores socioeconómicos de la producción.

Objetivo general

- Diseñar, evaluar y proponer tecnologías que induzcan la innovación en la producción de maíz para ser competitivos, además que coadyuven a revalorar y reorientar el cultivo.

Objetivos específicos

- Diseñar y evaluar tecnologías para el mejoramiento del cultivo de maíz que eleven su nivel de competitividad.
- Integrar las variables biológicas, y agronómicas que propician el mejoramiento del cultivo de maíz.
- Definir rutas de investigación bioprospectiva para la permanecía y competitividad del cultivo de maíz.

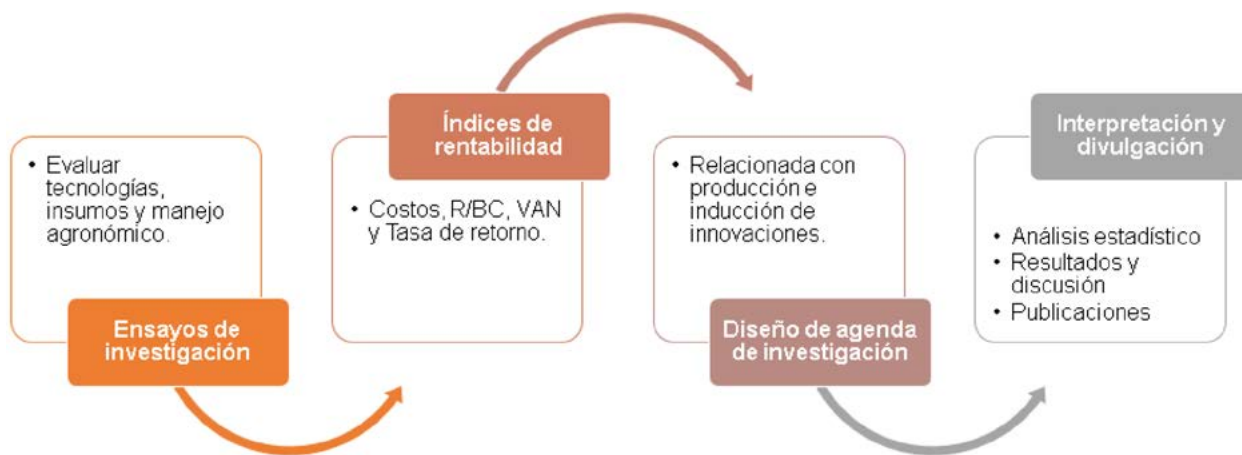
Metas

- A mediano plazo lograr un desarrollo tecnológico (paquete) y propuesta de agenda de investigación-innovación para la producción de maíz.

Hipótesis

- La propuesta de tecnología de producción innovadora, nos permite inducir la innovación y competitividad en la producción de maíz.

Fases (métodos y variables)



Pregunta simple	Pregunta de investigación	Título	Objetivos	Variables	Análisis estadístico	Discusión	Propiedad intelectual (productos)
¿Cómo se puede inducir la innovación en la producción de maíz y ser competitivo?.	Proponer tecnologías que induzcan la innovación en la producción de maíz para ser competitivos.	Tecnologías innovadoras para el mejoramiento del cultivo de maíz	<p>Diseñar y evaluar tecnologías para el mejoramiento del cultivo de maíz que eleven su nivel de competitividad.</p> <p>Integrar las variables biológicas, y agronómicas que propician el mejoramiento del cultivo de maíz.</p> <p>Definir rutas de investigación bioprospectiva para la permanencia y competitividad del cultivo de maíz.</p>	<p>Mediante ensayos de investigación en campo que evalúen tecnologías, insumos, materiales y actividades de manejo del cultivo de maíz. Rendimiento, costos, TIR, R/BC, VAN, variedades, fenología en el cultivo (precoz, intermedio, tardío) labores agronómicas.</p> <p>Diseñar una agenda de investigación bioprospectiva relacionada con la producción e inducción de innovaciones que coadyuven a reorientar y revalorar el cultivo de maíz de forma competitiva.</p>	<p>Anova (testigo contra novedades).</p> <p>Análisis de rentabilidad</p> <p>Escritura de un desarrollo tecnológico</p>	<p>Establecer las diferencias entre el modelo innovador de cultivo contra el testigo,</p> <p>Resaltar los indicadores de rendimiento y rentabilidad técnica, científica, social y económica. Discutir la necesidad de contar con una agenda de investigación-innovación para el cultivo de maíz en el territorio de estudio.</p>	Artículo científico, de divulgación, Desarrollo tecnológico (paquete) y propuesta de agenda de investigación-innovación para la producción de maíz.

Línea de investigación 4

Distribución potencial de maíz (*Zea mays* L.) con base en la aptitud climática modelada por machine learning.

Contexto general del tema

Con la aplicación y modelación de la herramienta machine learning, podemos predecir y planear, suministrando grandes volúmenes de datos, mediante un análisis predictivo de datos, descubrir patrones y comportamientos, así como a visualizar algunos resultados de una forma eficaz y mostrar una proyección de los mismos de las características de interés. Proporcionan sustento y tiene una aplicación práctica directa a la estimación de los efectos del cambio climático y con ello proyectar áreas de producción en cultivos varios.

Objetivo general

- Analizar la aptitud climática de *Zea mays* modelado por machine learning para proyectar áreas de producción en tiempo de crisis climática y que permita definir las variables de aptitud para la producción de maíz en el territorio de Altos de Jalisco.

Objetivos específicos

- Definir la distribución potencial para el cultivo de maíz en un territorio de selva baja caducifolia mediante un modelado por machine learning
- Definir las áreas de cultivo de maíz que representen el menor riesgo y fracaso por limitantes bioclimáticas.

Metas

- Obtener resultados de la herramienta con capacidad de predicción y planificación en siembra de maíz.

Hipótesis

- El modelado por machine learning, nos permite definir las variables de aptitud climática para la producción de maíz en el territorio de altos de Jalisco.

Fases (métodos y variables)



Pregunta simple	Pregunta de investigación	Título	Objetivos	Variables	Análisis estadístico	Discusión	Propiedad intelectual (productos)
Como saber el ámbito agroecológico para siembra de variedades de maíz mejorado que evite riesgos y fracasos.	Definir las variables de aptitud climática para la producción de maíz en el territorio de altos de Jalisco.	Distribución potencial de maíz (<i>Zea mays</i> L.) con base en la aptitud climática modelada por machine learning.	Definir la distribución potencial para el cultivo de maíz en un territorio de selva baja caducifolia mediante un modelado por machine learning Definir las áreas de cultivo de maíz que representen el menor riesgo y fracaso por limitantes bioclimáticas.	Bases de datos bioclimáticas, y de los requerimientos edafoclimáticos de maíz para grano.	Modelado por machine learning	Proporcionar sustento científico para definir áreas de cultivo de maíz con el menor riesgo bioclimático y reducir fracaso.	Artículo científico, de divulgación, resultados de la herramienta con capacidad de predicción y planificación en siembra de maíz.

Línea de investigación 5

Identificación filogenética del acervo biológico de maíz (*Zea mays* L.) para reorientar los programas de mejoramiento genético.

Contexto general del tema

En Occidente de México ha sido considerado como centro de origen, diversificación y ruta de migración del maíz, por lo que debe existir alta diversidad genética en esta especie, así mismo en el sur de Jalisco también se encuentran maíces del Noroeste de México como son las razas elotero de Sinaloa y tabloncillo perla, sin embargo es importante mediante un estudio filogenético, de cada una de las razas a muestrear de tal forma que las podamos distinguir, respectó a su origen genético y sus variables morfométricas y la diversidad genética, con ello podemos definir características específicas, proponer y reorientar rutas de investigación.

Objetivo general

- Conocer la base genética (variedades mejoradas y nativos) y definir características específicas para el mejoramiento genético.

Objetivos específicos

- Identificar el acervo biológico de maíz en un territorio específico.
- Conocer la base genética (variedades mejoradas y nativos) y definir características específicas.
- Diseñar y proponer rutas de investigación en maíz.

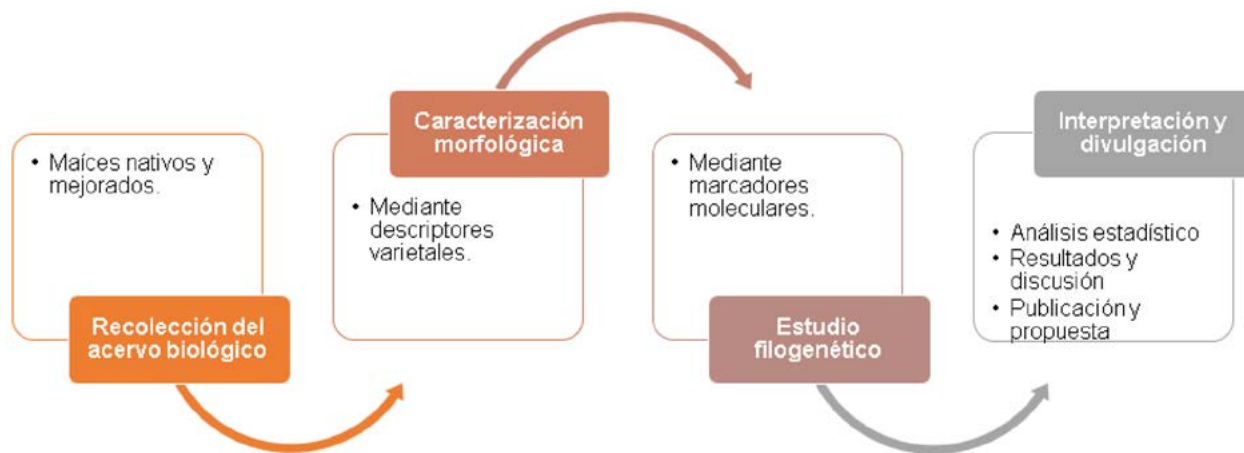
Metas

- Diseño y propuesta de un programa de mejoramiento genético en maíz, a mediano plazo.

Hipótesis

- Definir características de la base genética de las variedades en territorios específicos, nos da elementos para proponer y definir usos, así como regionalizar.

Fases (métodos y variables)



Pregunta simple	Pregunta de investigación	Título	Objetivos	Variables	Análisis estadístico	Discusión	Propiedad intelectual (productos)
¿Es posible reorientar las rutas de los programas de mejoramiento genético en maíz, con base a la filogenia existente en los Altos de Jalisco?	Definir e identificar caracteres morfológicos y agronómicos sobresalientes, para reorientar los programas de mejoramiento genético en maíz.	Identificación filogenética del acervo biológico de maíz (<i>Zea mays</i> L.) para reorientar los programas de mejoramiento genético.	Identificar el acervo biológico de maíz en un territorio específico. Conocer la base genética (variedades mejoradas y nativos) y definir características específicas. Diseñar y proponer rutas de investigación en maíz.	Mediante muestras territoriales identificar el acervo biológico de maíz. Variables o caracteres morfológicos y agronómicos sobresalientes (morfométricas). Proponer rutas de investigación en el cultivo de maíz, con base en caracteres específicos.	Mapeos territoriales, diagramas. Identificar los parámetros de diversidad genética obtenida a través de marcadores moleculares SSR (micro satélites), para el estudio filogenético. Análisis Cladístico (paquete Winclada)	Identificar el material biológico existente en el cultivo de maíz en los altos de Jalisco. Caracterizar territorialmente el acervo biológico. Identificar las variables morfométricas de maíz, que nos ayuden a reorientar y proponer rutas de mejoramiento genético.	Artículo científico, de divulgación y Diseño y propuesta de un programa de mejoramiento genético en maíz.

Línea de investigación 6

Desarrollo de investigación bioprospectiva de genotipos de maíz (*Zea mays* L.) con base en genes, enzimas, proteínas y metabolitos secundarios que coadyuven a la alimentación y salud pública.

Contexto general del tema

Es relevante un análisis nacional, estatal y regional sobre el papel que juegan los diferentes factores de producción de maíz de temporal y uso de semilla mejorada. En el presente abordaremos un metaanálisis con fines bioprospectivos para maíz (*Zea mays* L.), cuyo objetivo es identificar los usos respecto a semilla mejorada como impactan los sistemas de producción de maíz en temporal en México y regional en el sistema agropecuario, con estas poder identificar y a la vez mejorar los niveles de producción de la región a estudiar, esto nos permitirá fortalecer las necesidades, deficiencias y competencias en el uso de los principales insumos en cada región del país y la región a estudiar, así como coadyuvar en la alimentación y salud pública.

Objetivo general

- Realizar un metaanálisis con fines bioprospectivos para maíz (*Zea mays* L.), que identifique las variables relacionadas con la producción, transferencia e innovaciones actuales que coadyuven a reorientar el contexto bioprospectivo del mejoramiento genético e inducción de innovaciones.

Objetivos específicos

- Realizar un metaanálisis con fines bioprospectivos para *Zea mays* L., que identifique las características que induzcan las innovaciones y coadyuven en la alimentación y salud pública.

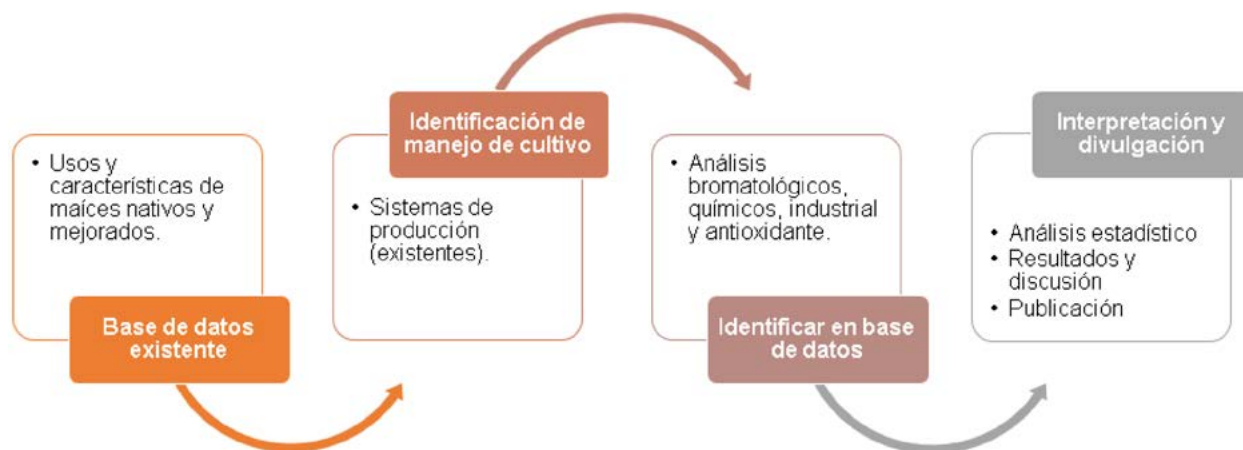
Metas

- Mediante un estudio bioprospectivo lograr la Identificación y a su vez recomendación de características que coadyuven en la alimentación y salud pública en el cultivo de maíz.

Hipótesis

- El metaanálisis con fines bioprospectivos nos permitirá identificar, validar y generar propuestas de innovación para la adopción de variedades mejoradas.

Fases (métodos y variables)



Pregunta simple	Pregunta de investigación	Título	Objetivos	VARIABLES	Análisis estadístico	Discusión	Propiedad intelectual (productos)
Es posible mediante una investigación bioprospectiva de genotipos de maíz, coadyuvarnos a la alimentación y salud pública.	Desarrollar una investigación bioprospectiva de genotipos de maíz, con base en genes, enzimas, proteínas y metabolitos secundarios que coadyuven a la alimentación y salud pública.	Desarrollo de investigación bioprospectiva de genotipos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) con base en genes, enzimas, proteínas y metabolitos secundarios que coadyuven a la alimentación y salud pública.	Realizar un metaanálisis con fines bioprospectivos para <i>Zea mays</i> L., que identifique las características que induzcan las innovaciones y coadyuven en la alimentación y salud pública.	Variedades mejoradas utilizadas y sus características (blanco, amarillo, tipo de híbrido) y usos (grano, forraje, industria). Sistemas de producción (tradicional, orgánico, agroecológico, combinado). Análisis bromatológicos, químicos, industrial y antioxidante.	Mediante un metaanálisis, que describa las características de interés, con base en publicaciones. Un análisis multivariado (CP), que incluya correlaciones.	La investigación bioprospectiva en genotipos de maíz, nos ayuda a identificar características específicas (genes, enzimas, proteínas y metabolitos secundarios), coadyuvando en la alimentación y salud pública.	Artículo científico, de divulgación. Identificación y recomendación de características que coadyuven en la alimentación y salud pública en el cultivo de maíz.