



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

## DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

DOCTORADO EN CIENCIAS EN AGRICULTURA MULTIFUNCIONAL  
PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

ÍNDICE DE AGROBIODIVERSIDAD DE MÉXICO: RIESGOS Y OPORTUNIDADES  
PARA EL SISTEMA AGROALIMENTARIO

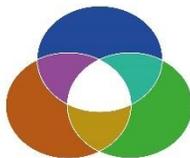
### TESIS

Que como requisito parcial  
para obtener el grado de:

**DOCTORA EN CIENCIAS EN AGRICULTURA MULTIFUNCIONAL  
PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

Presenta  
**LAURA JUDITH ESCÁRRAGA TORRES**

Bajo la supervisión de:  
**DR. JESÚS AXAYÁCATL CUEVAS SÁNCHEZ**



Doctorado en Ciencias en  
AGRICULTURA MULTIFUNCIONAL  
PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

Sociedad Economía Ambiente



Chapingo, Estado de México, junio de 2022

**Índice de agrobiodiversidad de México: riesgos y oportunidades para el sistema agroalimentario**

Tesis realizada por **Laura Judith Escárraga Torres** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTORA EN CIENCIAS EN AGRICULTURA MULTIFUNCIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

**DIRECTOR:**



---

**DR. JESÚS AXAYÁCATL CUEVAS SÁNCHEZ**

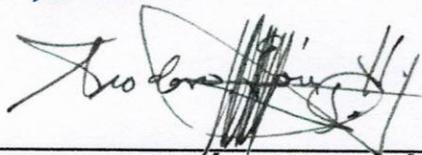
**ASESOR:**



---

**DR. JULIO BACA DEL MORAL**

**ASESOR:**



---

**DR. TEODORO GÓMEZ HERNÁNDEZ**

**LECTORA  
EXTERNA:**



---

**PhD. NICOLE SIBELET**

*A mamá, quien puso en mis manos la primeras semillas*

*y de cuya fuerza se alimenta mi corazón*

*A Gabriela y Martín*

## Contenido

<b>INTRODUCCIÓN GENERAL .....</b>	<b>1</b>
Objetivos de investigación .....	2
Literatura citada .....	3
<b>CAPÍTULO I: REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>7</b>
Cambios en la agrobiodiversidad mundial .....	10
Agrobiodiversidad, dietas saludables y seguridad alimentaria.....	11
Agrobiodiversidad en los sistemas agrícolas sostenibles y multifuncionales .....	12
Agrobiodiversidad, recursos genéticos y sistemas de semillas.....	13
Literatura citada .....	13
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA GENERAL .....</b>	<b>18</b>
Arquitectura del Índice de Agrobiodiversidad .....	18
Métricas del índice .....	20
Literatura citada .....	21
<b>CAPÍTULO III. LOS CONTRASTES ENTRE EL SISTEMA FORMAL E INFORMAL DE SEMILLAS DE MÉXICO: UNA REVISIÓN CRÍTICA.....</b>	<b>22</b>
Resumen.....	22
Introducción .....	23
Metodología .....	24
Resultados .....	25
Sistema formal de semillas de México: análisis histórico del marco legal y la influencia del marco normativo internacional.....	25
El Sistema Nacional de Semillas .....	28
Actores del sistema formal de semillas.....	29
Sistema informal de semillas en México .....	30
Marco normativo y legal para sistemas informales de semillas en México .....	30
Actores del sistema informal de semillas.....	32
Discusión .....	33
Desnacionalización y privatización del Sistema formal de Semillas .....	33
Proceso de cohesión del sector informal de semillas y un marco legal incipiente.....	34
Propuestas para superar las disyuntivas del sistema de semillas en México .....	34
Conclusiones .....	35

Literatura citada .....	36
<b>CAPÍTULO IV. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN EL SISTEMA AGROALIMENTARIO DE MÉXICO .....</b>	<b>41</b>
Resumen.....	41
Introducción .....	42
Metodología .....	43
Resultados .....	46
Discusión .....	49
Diversidad de opciones alimentarias subutilizadas en el sistema alimentario.....	50
Un sistema agrícola en deconstrucción y que aporta diversidad de especies al sistema alimentario .....	51
Sistema de conservación: necesidad de mejorar los sistemas de información e incluir especies no comerciales .....	52
La necesidad de datos más completos y accesibles sobre el sistema agroalimentario.....	53
Conclusiones .....	54
Literatura citada .....	55
<b>CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE LOS COMPROMISOS DE MÉXICO FRENTE A LA AGROBIODIVERSIDAD EN EL SISTEMA AGROALIMENTARIO .....</b>	<b>62</b>
Resumen.....	62
Introducción .....	63
Metodología .....	64
Resultados .....	68
Discusión .....	72
El rol de la agrobiodiversidad en las dietas saludables y sostenibles de México.....	72
Agrobiodiversidad y las múltiples lógicas del sistema agrícola nacional .....	73
Riesgos frente a un marco de políticas públicas laxo.....	75
Aportes y limitaciones herramientas semiautomatizadas para el análisis de políticas en el sector agroalimentario.....	76
Conclusiones .....	77
Literatura citada .....	77
<b>CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE LAS ACCIONES QUE SE IMPLEMENTAN EN MÉXICO PARA LA CONSERVACIÓN Y USO SOSTENIBLE DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN EL SISTEMA AGROALIMENTARIO .....</b>	<b>84</b>
Resumen.....	84
Introducción .....	85

Metodología .....	86
Resultados .....	89
Discusión .....	91
Conclusiones .....	95
Literatura citada .....	96
<b>CAPÍTULO VII. SÍNTESIS DEL ÍNDICE DE AGROBIODIVERSIDAD: ANÁLISIS DE RIESGO-RESILIENCIA Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA PÚBLICA.....</b>	<b>104</b>
Introducción .....	104
Metodología .....	105
Resultados .....	106
Análisis de riesgo-resiliencia .....	107
Recomendaciones de política el uso sostenible y conservación de la agrobiodiversidad en el sistema agroalimentario .....	108
Literatura citada .....	114
<b>CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>118</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>119</b>

## Lista de cuadros

### Capítulo I

Cuadro 1. Niveles de la agrobiodiversidad y principales elementos.....	8
--	---

### Capítulo III

Cuadro 1. Fases metodológicas: selección de documentos, clasificación y análisis.....	24
Cuadro 2. Marco legal internacional, nacional y estatal del sistema de semillas informal en México.....	31
Cuadro 3. Principales colectivos en el sector informal de semillas en México.....	32

### Capítulo IV

Cuadro 1. Indicadores y variables para medir el estado de la agrobiodiversidad .....	44
Cuadro 2. Resultados de los indicadores y variables del Índice del estado de Agrobiodiversidad.....	47

### Capítulo V

Cuadro 1. Indicadores y variables para medir compromisos.....	65
Cuadro 2. Criterios para determinar el nivel de compromisos.....	67
Cuadro 3. Riesgos asociados a la pérdida de agrobiodiversidad.....	68
Cuadro 4. Resultados de la prueba X-cuadrada.....	69

### Capítulo VI

Cuadro 1. Indicadores, variables y fuentes de información para medir acciones.....	87
--	----

### Capítulo VII

Cuadro 1. Indicadores del Índice de Agrobiodiversidad y su relación riesgos para el sector agroalimentario.....	106
Cuadro 2. Resultados del análisis de riesgo-resiliencia.....	107

## Lista de figuras

### Capítulo I

Figura 1. Dimensiones de la diversidad biológica agrícola..... 8

### Capítulo II

Figura 1. Arquitectura del índice de Agrobiodiversidad.....19

### Capítulo III

Figura 1. Distribución de títulos de obtentor vigentes por país.....27

Figura 2. Principales instituciones con Título de obtentor vigente.....28

Figura 3. Actores del Sistema Formal de Semillas de México.....29

### Capítulo IV

Figura 1. Índice de biodiversidad del suelo para México.....48

Figura 2. Complejidad del paisaje, basado en el % de vegetación en tierras agrícolas.....49

Figura 3. Comparación de los resultados de las variables investigadas de México y el promedio global.....50

### Capítulo V

Figura 1. Ocurrencia de palabras en los textos usados para el análisis en el sistema agrícola, alimentario y de recursos genéticos.....69

Figura 2. Nivel de compromiso con relación a la agrobiodiversidad y el sistema alimentario.....70

Figura 3. Nivel de compromiso en el sistema agrícola .....70

Figura 4. Nivel de compromiso de la agrobiodiversidad en relación con recursos genéticos para uso actual y futuro.....71

Figura 5. Nivel de riesgos relacionados con los compromisos para el uso y conservación de la agrobiodiversidad.....71

### Capítulo VI

Figura 1. Resultados de los sistemas y variables analizadas para medir las acciones.....90

Figura 2. Cobertura de árboles en tierras de uso agrícola .....90

Figura 3. Cobertura de pastos y cultivos en tierras agrícolas .....	91
Figura 4. Prevalencia de obesidad y sobrepeso en México y principales políticas realizadas históricamente por el estado para mejorar las condiciones de salud relacionadas con la alimentación en la población.....	92
Figura 5. Indicadores reportados por México en Sistema Mundial de Información y Alerta Rápida sobre los Recurso Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura.....	94

## **Capítulo VII**

Figura 1. Resumen de los principales resultados del Índice de Agrobiodiversidad...	107
--	-----

## **Agradecimientos**

Mi gratitud al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado con la beca para el desarrollo de este doctorado. Agradezco el apoyo y la acogida que le brindan a los estudiantes extranjeros.

Gracias al doctor Jesús Cuevas, al doctor Julio Baca y al doctor Teodoro Gómez por la orientación para el desarrollo de esta tesis doctoral.

Mi gratitud a la doctora Nicole Sibelet, su apoyo fue determinante en uno de los puntos críticos de la investigación, gracias infinitas por su soporte académico y humano.

Gracias a la doctora Jones y Juventia por su orientación en la implementación del índice de Agrobiodiversidad.

A los compañeros de generación, por los aprendizajes y los buenos momentos.

A Luis Rojas por su ayuda imprescindible con las variables que requerían el uso de sistemas de información geográfica.

A Alicia Méndez por su soporte durante estos cuatro años, por ser un refugio en los momentos difíciles.

A Lulú por ser la mejor compañera y colega, por todo el tiempo que me brindó para discutir sobre la agrobiodiversidad del país, por ser mi soporte en los momentos de enfermedad, frustración y en los que casi dejo a la mitad este proyecto. Mil gracias, por los cafés, los batidos y las palabras de aliento.

A mi familia, por la fe que tienen en mí y por siempre esperarme con amor.

## **Datos biográficos**

Laura Escárraga Torres nació en Bogotá, Colombia el 11 de febrero de 1987. Estudió licenciatura en biología entre 2007-2012. Posteriormente desempeñó cargos como asesora de proyectos enfocados en educación y los sistemas agrícolas tradicionales en la amazonia colombiana. Entre 2016 y 2017 realizó la maestría en Agroforestería y Agricultura Sostenible en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Como resultado de su investigación de maestría lideró el proyecto “*Recuperación de semillas de la chagra inga*” en el marco de los proyectos de la iniciativa Visión Amazonia. Entre 2018 y 2022 realizó sus estudios doctorales en la Universidad Autónoma Chapingo.

## **Datos de contacto**

Correo personal: [escarragalaura@gmail.com](mailto:escarragalaura@gmail.com)

## RESUMEN GENERAL

### Índice de agrobiodiversidad de México: riesgos y oportunidades del sector agroalimentario <sup>1</sup>

El sistema agrícola mundial enfrenta actualmente una encrucijada: por un lado, es señalado como un impulsor de cambio climático, pérdida de biodiversidad y cambio de uso del suelo. A la vez se ve afectado por las consecuencias negativas en el sistema: pérdida de cosechas, bajos rendimientos y aumento en los precios de los alimentos. A pesar de estas crisis tiene el reto producir alimentos suficientes para una población mundial en crecimiento. La agrobiodiversidad es un factor determinante para hacer frente a estas crisis. En este sentido el objetivo de la investigación fue evaluar la agrobiodiversidad en el sistema alimentario, agrícola y de conservación recursos genéticos de México como evidencia científica para el diseño de recomendaciones de política en pro de su sostenibilidad. Para medir la agrobiodiversidad se implementó el Índice de Agrobiodiversidad, con esta herramienta se midió de forma sistémica la agrobiodiversidad el sistema alimentario, agrícola y de conservación; en cada sistema se midió el estado, los compromisos y las acciones, en total se usaron 17 indicadores y 48 variables. Los resultados indicaron que el Índice General de Agrobiodiversidad para México fue moderado (64.1/100). Los puntajes para el **estado** fueron moderados (56/100), el puntaje para el sistema alimentario fue alto (66.6/100), igual que el sistema agrícola (63.1/100), en contraste el sistema de conservación presentó puntajes bajos (38.4/100), aunque el país cuenta con una alta diversidad de especies animales y vegetales que sirven como fuente de alimentación, estas opciones se encuentran subutilizadas en el sistema alimentario, el sistema de conservación se ha enfocado en especies de plantas comerciales, dejando un vacío en la conservación y uso sostenible de especies silvestres y no comerciales. Los **compromisos** fueron moderados, los puntajes más altos se obtuvieron en el sistema de conservación (54/100) y los más bajos en el sistema agrícola (38/100), la usencia de compromisos sólidos se debe entre otras cosas a la temporalidad de las políticas y programas y la atomización y poca comunicación entre instituciones dedicadas objetivos similares. El Índice de **Acciones** en Agrobiodiversidad muy alto (88.9/100), el puntaje del sistema alimentario y de conservación fue muy alto (100/100), mientras el sistema agrícola presentó un puntaje alto (66.9), aunque el país desarrolla actualmente acciones en pro del uso y conservación de la agrobiodiversidad se requieren la implementación de políticas sólidas en el sistema agrícola que tiendan a diversificar el sistema, de igual modo el sistema alimentario requiere sinergias fuertes entre múltiples estrategias para fomentar la agrobiodiversidad y las dietas saludables en los ciudadanos.

**Palabras clave:** biodiversidad agrícola, diversidad de especies, estrategias de conservación, sistema agrícola, sistema alimentario, sistema de conservación.

---

<sup>1</sup> Tesis de Doctorado en Ciencias en Agricultura Multifuncional para el Desarrollo sostenible, Universidad Autónoma Chapingo

Autora: Laura Escárraga Torres

Director: Jesús Axayácatl Cuevas Sánchez

## GENERAL ABSTRACT

### **Agrobiodiversity Index for Mexico: risks and opportunities for the agri-food sector**

The world agricultural system currently faces a crossroads: on the one hand, it is pointed out as a driver of climate change, loss of biodiversity and change in land use. At the same time, it is affected by the negative consequences in the system: loss of crops, low yields and increase in food prices. Despite these crises, it faces the challenge of producing enough food for a growing world population. Agrobiodiversity is a determining factor in coping with these crises. In this sense, the objective of the research was to evaluate agrobiodiversity in the food, agricultural and genetic resources conservation system of Mexico as scientific evidence for the design of policy recommendations in favor of its sustainability. To measure agrobiodiversity, the Agrobiodiversity Index was implemented. With this tool, agrobiodiversity was systematically measured in the food, agricultural and conservation systems; In each system, the status, commitments, and actions were measured, in total 17 indicators and 48 variables were used. The results indicated that the General Index of Agrobiodiversity for Mexico was moderate (64.1/100). The scores for the state were moderate (56/100), the score for the food system was high (66.6/100), the same as the agricultural system (63.1/100), in contrast the conservation system presented low scores (38.4/100), although the country has a high diversity of animal and plant species that serve as a food source, these options are underutilized in the food system, the conservation system has focused on commercial plant species, leaving a conservation gap and sustainable use of wild and non-commercial species. The commitments were moderate, the highest scores were obtained in the conservation system (54/100) and the lowest in the agricultural system (38/100), the absence of solid commitments is due, among other things, to the temporality of policies and programs and the atomization and little communication between institutions dedicated to similar objectives. The Index of Actions in Agrobiodiversity was very high (88.9/100), the score for the food and conservation system was very high (100/100), while the agricultural system presented a high score (66.9), although the country is currently developing actions for the use and conservation of agrobiodiversity, the implementation of solid policies in the agricultural system that tend to diversify the system is required. In the same way, the food system requires strong synergies between multiple strategies to promote agrobiodiversity and healthy diets in citizens.

**Key words:** agricultural biodiversity, agricultural system, conservation strategies, conservation system, food system, species diversity.

## INTRODUCCIÓN GENERAL

En la actualidad el sistema agrícola mundial enfrenta múltiples crisis, por un lado, hay un cuestionamiento generalizado sobre las implicaciones de la agricultura como impulsor de cambios globales que van en detrimento del sistema planetario (Rockström et al., 2017; Steffen et al., 2015; Zimmerer et al., 2019; Zimmerer & Haan, 2017). Y al tiempo hay una mayor presión hacia el sector por la necesidad de producir más alimentos para una población en crecimiento (United Nations, 2019).

Uno de los cambios que se ha producido en el sistema agrícola y alimentario es la pérdida paulatina de agrobiodiversidad, tal es el caso de la erosión genética de cultivos alrededor del mundo (Khoury et al., 2021) y el aumento en el riesgo de extinción de recursos zoogenéticos (FAO, 2015, 2019a, 2019b). Factores como la homogenización de las dietas (Khoury et al., 2014), la agricultura industrial basada en la uniformidad genética y las transformaciones culturales inciden en su acelerada pérdida (FAO, 2019b; IPES-Food, 2016).

Aunque hay un consenso científico sobre la importancia de la agrobiodiversidad para la sostenibilidad del sistema agrícola y alimentario global (Bioversity International, 2019; Kahane et al., 2013), así como su contribución a los medios de vida de millones de personas, existe un vacío de información sobre el estado y gestión de la agrobiodiversidad a niveles nacionales (Bioversity International, 2018; FAO, 2019b), esto crea una barrera en los procesos de diseño y desarrollo de políticas nacionales e internacionales que promuevan el uso sostenible y la conservación de los diversos aspectos que conforman la agrobiodiversidad.

Ante esta situación organismos internacionales enfocados en el cumplimiento de agendas globales como el Convenio de Diversidad Biológica y los Objetivos de Desarrollo Sostenible diseñaron el índice de Agrobiodiversidad (IAB). Esta herramienta metodológica mide la agrobiodiversidad de forma holística en el sistema alimentario, agrícola y de conservación. En cada sistema se miden tres aspectos: 1) el estado de la agrobiodiversidad en términos de especies, variedades, especies subutilizadas, diversidad funcional, diversidad del suelo y complejidad del paisaje; 2) los compromisos que asume el país para conservar y usar de forma sostenible la agrobiodiversidad y 3) las acciones reales que se desarrollan para mejorar el estado de la agrobiodiversidad en todos los sistemas analizados (Bioversity International, 2017, 2018).

La agrobiodiversidad en México ha sido uno de los pilares del sistema agroalimentario ancestral y actual, las condiciones bioculturales del país lo posicionan como uno de los centros mundiales de origen, domesticación y diversificación de especies animales

y vegetales de importancia agrícola mundial (Casas, 2021; Casas et al., 2017, 2019; Doebley et al., 2006). A pesar de estas condiciones favorables para el país, aún hay un gran vacío de información sobre la agrobiodiversidad, sus componentes y la gestión para su uso sostenible y conservación.

Aunque son múltiples los retos que enfrenta la agrobiodiversidad en el sistema alimentario, agrícola y de conservación en México, esta investigación aporta a tres aspectos fundamentales:

Medir la agrobiodiversidad: con el desarrollo de nuevos marcos teóricos que incluyen aspectos transdisciplinarios surgen nuevos retos sobre cómo medir la agrobiodiversidad de manera sistémica. Aunque se han realizado aproximaciones para generar indicadores, la información no es sólida y está dispersa en diferentes campos científicos (Bioversity International, 2017, 2019). El Índice de Agrobiodiversidad surge como una estrategia para subsanar ese vacío de información.

Mayor visibilidad sobre el rol de la agrobiodiversidad en la sostenibilidad del sistema agroalimentario: aunque el número de investigaciones sobre agrobiodiversidad ha aumentado en las dos últimas décadas, se requiere mayor visibilidad académica sobre las múltiples relaciones entre la agrobiodiversidad y los sistemas alimentarios y agrícolas a nivel global, regional y local (Bioversity International, 2018). Las múltiples crisis que enfrenta el sistema agroalimentario han obligado a la búsqueda de opciones que minimicen los riesgos y mejoren el nivel de resiliencia, en este punto la agrobiodiversidad es imprescindible (Zalasiewicz et al., 2017; Zimmerer et al., 2019), por ello la urgencia mejorar el estado de conocimiento sobre su uso, conservación y gestión .

Recomendaciones de políticas públicas para mejorar el uso y conservación de la agrobiodiversidad: los esfuerzos científicos, técnicos y académicos para mejorar el conocimiento actual sobre la agrobiodiversidad en los sistemas agrícolas y alimentarios, se deben ver reflejados en políticas públicas. Para ello se requiere un análisis de los compromisos, acciones y estado actual de la agrobiodiversidad, de tal forma que se puedan emitir recomendaciones de política pública basadas en evidencia.

## **Objetivos de investigación**

### **Objetivo general**

Evaluar la agrobiodiversidad en el sistema alimentario, agrícola y de conservación recursos genéticos de México a través de la implementación del *Índice de agrobiodiversidad*, como evidencia científica para el diseño de recomendaciones de política en pro de la sostenibilidad del sistema agroalimentario.

### **Objetivos específicos:**

- 1- Analizar el sistema formal e informal de semillas a través del marco legal, los acuerdos internacionales, los programas estatales y los actores que lo conforman.
- 2- Analizar el estado de la agrobiodiversidad en el sistema agrícola, alimentario y de conservación de recursos genéticos en México.
- 3- Medir y analizar los compromisos adquiridos por México para mejorar la agrobiodiversidad en los sistemas agrícolas, alimentarios y de recursos genéticos, usando como herramienta principal un sistema semiautomatizado de minería de texto.
- 4- Evaluar las acciones que se realizan en México en pro de la conservación y uso sostenible de agrobiodiversidad en el sistema agroalimentario
- 5- Diseñar recomendaciones de políticas públicas que promuevan el uso sostenible y conservación de la agrobiodiversidad en el sistema agroalimentario.

La investigación se estructura en 8 capítulos. En el capítulo I “Revisión de literatura”, se presenta un análisis sintético de las discusiones actuales sobre el marco conceptual sobre la agrobiodiversidad. En el capítulo II “Metodología general” se describe la arquitectura del Índice de Agrobiodiversidad, los sistemas que lo componen así como, las ecuaciones y métricas implementadas. El capítulo III, corresponde al artículo de revisión, donde se profundiza en las disyuntivas entre el sistema formal e informal de semillas de México. El capítulo IV, corresponde al primer artículo sobre el IAB, se enfoca en la medición del estado de la agrobiodiversidad en el sistema alimentario, agrícola y de conservación. El capítulo V describe y analiza el nivel de compromisos de México para mejorar la agrobiodiversidad en el sistema agroalimentario. En el capítulo VI se evalúan las acciones nacionales frente a la agrobiodiversidad. El capítulo VII sintetiza los resultados del Índice de Agrobiodiversidad y se describen recomendaciones de política pública para mejorar la agrobiodiversidad en los sistemas agrícolas y alimentarios en México.

### **Literatura citada**

- Bioversity International. (2017). *Mainstreaming agrobiodiversity in sustainable food systems: Scientific foundations for an agrobiodiversity index*. Bioversity International. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/89049>
- Bioversity International. (2018). *The Agrobiodiversity Index: Methodology Report v.1.0*. Bioversity International. [https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user\\_upload/AA\\_Publications/Methodology\\_Index\\_1.pdf](https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user_upload/AA_Publications/Methodology_Index_1.pdf)
- Bioversity International. (2019). *Agrobiodiversity Index Report 2019: Risk and*

- Resilience*. Bioersivity International. <https://hdl.handle.net/10568/100820>
- Casas, A. (2021). Domesticación: Origen y perspectivas sobre la agricultura en Mesoamérica. En G. De la Peña & R. Ávila (Eds.), *Alimentarse: Dimensiones antropológicas e históricas de un hecho cultural total* (pp. 17–36). Universidad de Guadalajara. <https://editorial.udg.mx/gpd-alimentarse-9786075478838.html>
- Casas, A., Parra, F., Aguirre-Dugua, X., Rangel-Landa, S., Vázquez, J., Vallejo, M., Moreno Calles, A., Rodríguez, S., Torres-García, I., Delgadp-Lemus, A., Pérez-Negrón, E., Figueredo Urbina, C., Cruse-Sanders, J., Berenice, F., Solis-Rojas, L., Otero-Arnaíz, A., Alvarado-Sizzo, H., & Camou-Guerrero, A. (2017). *Manejo y domesticación de plantas en Mesoamérica*. Una estrategia de investigación y estado del conocimiento sobre los recursos genéticos en México. En: A. Casas, J. Torres-Guevara y F. Parra (Eds). *Domesticación en el continente americano* (pp. 69-102). UNAM-UNALM [https://www.researchgate.net/profile/Alejandro\\_Casas3/publication/316876698\\_Domesticacion\\_en\\_el\\_Continente\\_Americano\\_Volumen\\_2\\_Investigacion\\_para\\_el\\_manejo\\_sustentable\\_de\\_recursos\\_geneticos\\_en\\_el\\_nuevo\\_mundo/links/59d4ddc80f7e9b4fd702d900/Domesticacion-en-el-Continente-Americano-Volumen-2-Investigacion-para-el-manejo-sustentable-de-recursos-geneticos-en-el-nuevo-mundo.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alejandro_Casas3/publication/316876698_Domesticacion_en_el_Continente_Americano_Volumen_2_Investigacion_para_el_manejo_sustentable_de_recursos_geneticos_en_el_nuevo_mundo/links/59d4ddc80f7e9b4fd702d900/Domesticacion-en-el-Continente-Americano-Volumen-2-Investigacion-para-el-manejo-sustentable-de-recursos-geneticos-en-el-nuevo-mundo.pdf)
- Casas, A., Torres-García, I., Parra, F., & Torres, J. (2019). *Centros de origen y diversificación de plantas cultivadas en América*. En J. Torres-Guevara, F. Parra, A. Casas y A. Cruz (Eds). *De los cultivos nativos y el cambio del clima- Hallazgos (Huánuco y Apurímac)* (pp. 23–56). Universidad Nacional Agraria La Molina [https://www.researchgate.net/publication/333802851\\_De\\_los\\_cultivos\\_nativos\\_y\\_el\\_cambio\\_del\\_clima\\_Hallazgos\\_Huanuco\\_y\\_Apurimac](https://www.researchgate.net/publication/333802851_De_los_cultivos_nativos_y_el_cambio_del_clima_Hallazgos_Huanuco_y_Apurimac)
- Doebley, J. F., Gaut, B. S., & Smith, B. D. (2006). The molecular genetics of crop domestication. *Cell*, 127(7), 1309–1321. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2006.12.006>
- FAO. (2015). *The Second Report on the State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture* (p. 562). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. <http://www.fao.org/3/a-i4787e.pdf>
- FAO. (2019a). *Status and trends of animal genetic resources* (p. 31). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. <http://www.fao.org/3/my867en/my867en.pdf>
- FAO. (2019b). *The State of the World's Aquatic Genetic Resources for Food and Agriculture* (p. 251). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture assessments. <http://www.fao.org/3/CA5256EN/CA5256EN.pdf>
- FAO. (2019c). *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture* (p. 530). FAO. <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>
- IPES-Food. (2016). *From uniformity to diversity: A paradigm shift from industrial agriculture to diversified agroecological systems*. International Panel of Experts on Sustainable Food systems.

[https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/75659/UniformityToDiversity\\_FullReport.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/75659/UniformityToDiversity_FullReport.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Kahane, R., Hodgkin, H., Jaenicke, C., Hoogendoorn, M., Hermann, J., Keatinge, D. H., J. d'Arros Hughes, Padulosi, S., & Looney, N. (2013). Agrobiodiversity for food security, health and income. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(4), 671-693. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0147-8>
- Khoury, Bjorkman, A., Dempewolf, H., Ramirez-Villegas, J., Guarino, L., Jarvis, A., Rieseberg, L., & Struik, P. (2014). Increasing homogeneity in global food supplies and the implications for food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(11), 4001–4006. <https://doi.org/10.1073/pnas.1313490111>
- Khoury, C. K., Amariles, D., Soto, J. S., Diaz, M. V., Sotelo, S., Sosa, C. C., Ramírez-Villegas, J., Achicanoy, H. A., Velásquez-Tibatá, J., Guarino, L., León, B., Navarro-Racines, C., Castañeda-Álvarez, N. P., Dempewolf, H., Wiersema, J. H., & Jarvis, A. (2019). Comprehensiveness of conservation of useful wild plants: An operational indicator for biodiversity and sustainable development targets. *Ecological Indicators*, 98, 420–429. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.016>
- Khoury, C. K., Brush, S., Costich, D. E., Curry, H. A., de Haan, S., Engels, J. M. M., Guarino, L., Hoban, S., Mercer, K. L., Miller, A. J., Nabhan, G. P., Perales, H. R., Richards, C., Riggins, C., & Thormann, I. (2021). Crop genetic erosion: Understanding and responding to loss of crop diversity. *New Phytologist*, n/a(n/a). <https://doi.org/10.1111/nph.17733>
- Rockström, J., Williams, J., Daily, G., Noble, A., Matthews, N., Gordon, L., Wetterstrand, H., DeClerck, F., Shah, M., Steduto, P., de Fraiture, C., Hatibu, N., Unver, O., Bird, J., Sibanda, L., & Smith, J. (2017). Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. *Ambio*, 46(1), 4–17. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0793-6>
- Steffen, W., Katherine Richardson, Johan Rockström, Sarah E. Cornell, Ingo Fetzer, Elena M. Bennett, Reinette Biggs, Stephen R. Carpenter, Wim de Vries, Cynthia A. de Wit, Carl Folke, Dieter Gerten, Jens Heinke, Georgina M. Mace, Linn M. Persson, Veerabhadran Ramanathan, Belinda Reyers, & Sverker Sörlin. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 736. [https://www.researchgate.net/publication/270898819\\_'Planetary\\_Boundaries\\_Guiding\\_Human\\_Development\\_on\\_a\\_Changing\\_Planet'](https://www.researchgate.net/publication/270898819_'Planetary_Boundaries_Guiding_Human_Development_on_a_Changing_Planet')
- United Nations. (2019). *World Population Prospects 2019* (p. 39). United States. <https://www.un.org/en/academic-impact/97-billion-earth-2050-growth-rate-slowing-says-new-un-population-report>
- Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Summerhayes, C. P., Wolfe, A. P., Barnosky, A. D., Cearreta, A., Crutzen, P., Ellis, E., Fairchild, I. J., Gałuszka, A., Haff, P., Hajdas, I., Head, M. J., Ivar do Sul, J. A., Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J. R., Neal, C., Odada, E., ... Williams, M. (2017). The Working Group on the Anthropocene:

- Summary of evidence and interim recommendations. *Anthropocene*, 19, 55–60. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2017.09.001>
- Zimmerer, de Haan, S., Jones, A. D., Creed-Kanashiro, H., Tello, M., Carrasco, M., Meza, K., Plasencia Amaya, F., Cruz-García, G. S., Tubbeh, R., & Jiménez Olivencia, Y. (2019). The biodiversity of food and agriculture (Agrobiodiversity) in the anthropocene: Research advances and conceptual framework. *Anthropocene*, 25, 100192. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2019.100192>
- Zimmerer, & Haan, S. (2017). Agrobiodiversity and a sustainable food future. *Nature Plants*, 3, 17047. <https://doi.org/10.1038/nplants.2017.47>

## CAPÍTULO I: REVISIÓN DE LITERATURA

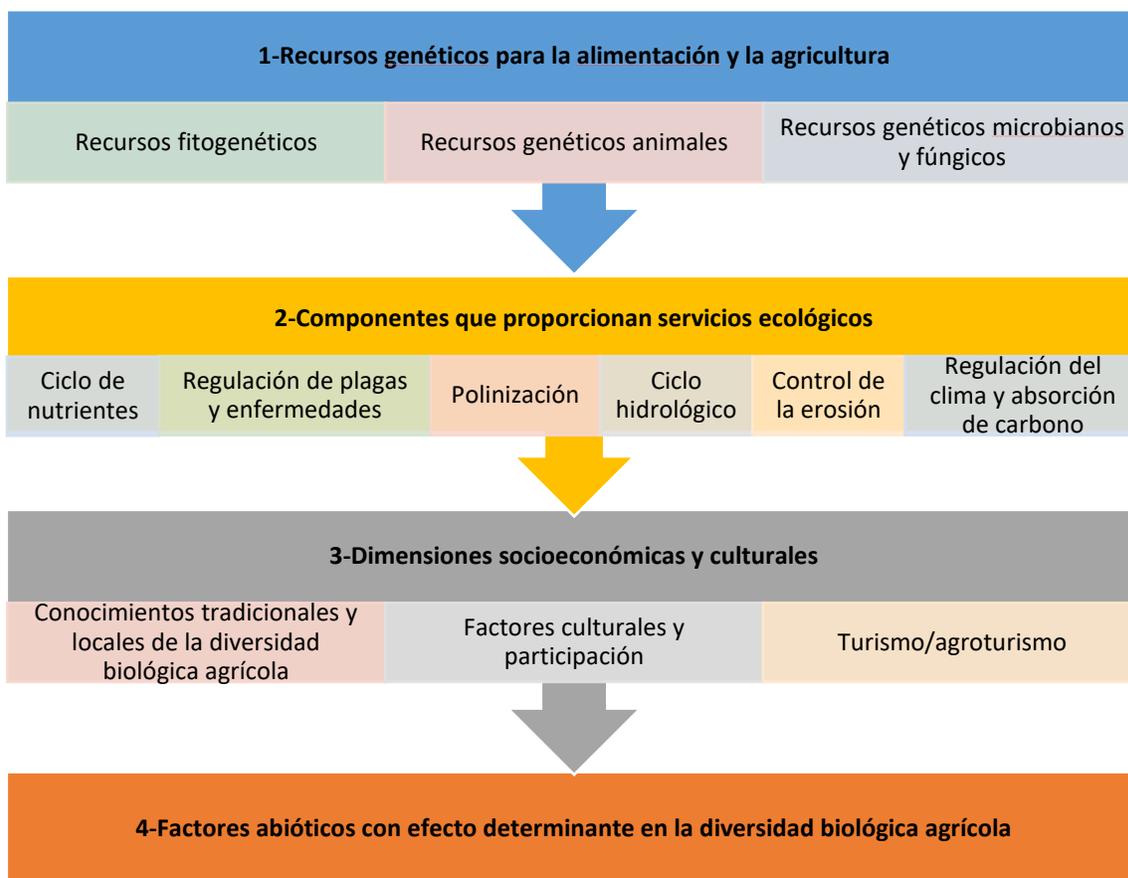
El marco conceptual y teórico sobre la agrobiodiversidad está en continua construcción y se ha desarrollado gracias al aporte de múltiples disciplinas (Santilli, 2009). El término agrobiodiversidad en el contexto científico es reciente, Huijun et al., (1996) la definen a partir del manejo y uso de las especies de cultivos, especies domesticadas y silvestres, así como las interacciones entre la diversidad cultural y biológica.

La FAO define la agrobiodiversidad (biodiversidad agrícola) como la diversidad de plantas, animales y microorganismos vinculados con la agricultura y que resultan de las interacciones entre las personas, el medio ambiente y los sistemas agrícolas (FAO, 1998). Esta definición también hace visible los aspectos culturales que determinan la agrobiodiversidad e incluye niveles espaciales/temporales, además de los niveles de la biodiversidad (recursos genéticos, especies, agroecosistemas).

En el marco de los convenios internacionales relacionados con la biodiversidad, se ha hecho necesario hacer precisiones respecto a las particularidades de la agrobiodiversidad, para que las políticas, gestión, manejo y conservación se atiendan adecuadamente. En el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) en la Decisión V/5 define la diversidad biológica agrícola a partir de sus componentes y niveles: variedad y variabilidad de animales, plantas y microorganismos a nivel genético, de especies y agroecosistemas (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2000). Es importante aclarar que en esta investigación se usan como sinónimos los términos agrobiodiversidad, biodiversidad agrícola y diversidad biológica agrícola.

Esta misma institución hace hincapié en las características distintivas de la diversidad biológica agrícola respecto a otros tipos de biodiversidad. Entre otras incluye la importancia de la diversidad biológica agrícola para la seguridad alimentaria de la humanidad; el rol de los campesinos e indígenas en la creación, gestión y conservación de la agrobiodiversidad y la importancia de la complementariedad entre el proceso de conservación *in situ* y *ex situ*.

Esta definición al igual que las anteriores incluye una serie de componentes que recalcan la relación entre los factores biológicos y culturales (Figura 1)



**Figura 1.** Dimensiones de la diversidad biológica agrícola. Fuente: Convenio de diversidad Biológica, 2000

El concepto agrobiodiversidad se ha complejizado en las últimas dos décadas, en parte, por las múltiples disciplinas científicas que lo abordan como objeto de estudio y a las crisis globales actuales, es así como en la actualidad se discuten los niveles de la agrobiodiversidad que van más allá de los elementos tradicionales de la biodiversidad (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Niveles de la agrobiodiversidad y principales elementos

Nivel de agrobiodiversidad	Elementos principales
Biodiversidad de alimentos e interacciones bióticas	Plantas y animales domesticados y semi domesticados; alimentos silvestres. Especies, variedades, variedades locales, genes (rasgos funcionales), grupos funcionales (diversidad alimentaria); escalas (campo, granja, comunidad, paisaje, región).
Biodiversidad asociada	Parientes silvestres de plantas y animales domesticados; biodiversidad asociada (polinizadores, dispersores, biodiversidad del suelo) Especies a escalas múltiples (agroecosistema, paisaje, región)
	Significados socioculturales y prácticas económicas que incluyen conocimientos, habilidades, gestión de recursos (semillas, tierra, agua, mano de obra).

Prácticas y gestión socioculturales y económicas	Lingüística de denominación y clasificación; relaciones sociales y culturales (género, etnicidad, nivel socioeconómico)
Diversidad institucional	Organizaciones de agricultura y desarrollo; organizaciones de alimentación y nutrición; organizaciones de cambio climático y resiliencia Gestión de recursos basada en la comunidad; redes de semillas

**Fuente:** Zimmerer et al.,(2019)

Las características particulares de los elementos de la agrobiodiversidad han implicado una atomización de las investigaciones relacionadas con el tema y por ende marcos conceptuales sin la visión sistémica que se requiere para entender las relaciones de la agrobiodiversidad con los sistemas ecológicos, culturales, políticos, alimentarios y de salud. Ante este vacío conceptual, los autores Zimmerer et al.,(2019) proponen el Marco de Conocimiento de la Agrobiodiversidad (MCA), como un aporte científico y teórico para entender los actuales aportes y desafíos de la agrobiodiversidad ante los cambios globales.

El MCA se compone de 4 ejes en constante interacción y que se desarrollan gracias a múltiples disciplinas:

**Ecología y evolución:** este eje incluye los aspectos biológicos, evolutivos, co-evolutivos y agroecológicos de la agrobiodiversidad y los servicios ecosistémicos que se derivan de su uso. Uno de los principales retos que se enfrenta en este aspecto es la cuantificación y evaluación de la erosión de los recursos genéticos asociados a la agrobiodiversidad, provocadas por las dinámicas de la acción antrópica. También se requiere mejorar la coordinación entre los procesos de conservación *ex situ* e *in situ*, así como estimar y caracterizar la agrobiodiversidad en sus diversos niveles.

**Gobernanza:** incluye los aspectos bioculturales, medios de vida, género, valor nutricional y simbólico de los alimentos; sistemas de semillas (formales e informales) y mercados (locales, regionales, globales), marcos legales, políticos y socioeconómicos en diversas escalas. A nivel global incluye los acuerdos, tratados y convenios internacionales.

**Dieta, nutrición y salud:** uno de los pilares fundamentales en los estudios sistémicos sobre la agrobiodiversidad es la relación entre esta y las dietas saludables y la seguridad alimentaria. El estudio científico de este pilar cobra más relevancia en la actualidad ya que hay una clara tendencia mundial a la homogenización de las dietas y déficit de nutrientes producto de la homogenización en los agroecosistemas.

**Cambio global:** en este eje se abordan los cambios socioeconómicos y climáticos y su relación con la biodiversidad agrícola, así como la capacidad adaptativa y resiliencia local, regional y global. Las investigaciones sobre agrobiodiversidad y cambio climático giran en torno a dos ejes: la pérdida de agrobiodiversidad causada por la incidencia del cambio climático y el aumento y manejo de la agrobiodiversidad como estrategia para de adaptación y mitigación ante el cambio climático.

### **Cambios en la agrobiodiversidad mundial**

La agrobiodiversidad es el resultado de un proceso de coevolución, adaptación y domesticación entre las personas y el medio en el que han vivido y transformado. Los cambios culturales han incidido en la conservación, extinción o cambio en la diversidad biológica agrícola. Por ejemplo, los cambios derivados de la revolución industrial generaron una transformación en la agrobiodiversidad y por lo tanto en el sistema alimentario (Zimmerer et al., 2019).

Actualmente todos los niveles de la agrobiodiversidad presentan algún tipo de riesgo, disminución o erosión y hay un aumento en las amenazas (FAO, 2011a, 2019d). Con relación a los recursos fitogenéticos existen alrededor de 6000 especies de plantas que se cultivan con fines alimenticios (Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop & Plant Research), 2017). Sin embargo, a partir de la segunda década del siglo XXI únicamente nueve especies (en su mayoría commodities) representan alrededor del 66% de la producción agrícola mundial (FAO, 2017, 2018), a esto se suma un aumento mundial en la erosión genética de los cultivos (Khoury et al., 2021).

En cuanto a los recursos zoogenéticos para la alimentación y la agricultura, en las bases de datos mundiales se registran 38 especies y 8.803 razas (7745 reportadas como locales). Por falta de información se desconoce el estado de conservación de alrededor del 67% de las razas locales reportadas y el 26% están en riesgo de extinción (FAO, 2015, 2019b, 2019d). En cuanto a los recursos genéticos acuáticos se estima que el 33% de poblaciones de peces en ecosistemas marinos están sobreexplotadas (FAO, 2019c).

Respecto a la diversidad asociada (polinizadores, parientes silvestres asociados cultivos), se ha identificado a nivel global un aumento de la pérdida de colonias de abejas, y 17% de los polinizadores vertebrados enfrentan el riesgo de extinción global. De igual manera han disminuido poblaciones de especies que son importantes en la regulación de plagas y enfermedades. De igual forma la biodiversidad del suelo está bajo riesgos que amenazan la sostenibilidad del sistema agrícola (FAO, 2019d). A esta crisis de la biodiversidad asociada en la agricultura se suman los insuficientes esfuerzos a nivel global para conservar las especies cultivadas (bancos de

germoplasma), un ejemplo de esta situación es que únicamente 3 de cada 10 especies silvestres útiles están adecuadamente conservadas (Khoury et al., 2019).

Los cambios en la agrobiodiversidad y el incremento de las amenazas se deben a múltiples factores en diferentes escalas de tiempo y espacio. A nivel global se han identificado 7 factores principales: 1) el crecimiento poblacional y urbanización; 2) cambio climático; 3) desastres naturales; 4) plagas, enfermedades y especies invasoras; 5) cambios en el uso de agua y tierra; 6) contaminación y 7) sobreexplotación. Un factor que se suma a las presiones negativas hacia la pérdida de agrobiodiversidad es la falta de información para tomar mejores decisiones relacionadas con su conservación (Khoury et al., 2019).

La creación e implementación de las políticas y legislación a nivel global, nacional, como los tratados y convenios son factores con efectos positivos en la conservación de la agrobiodiversidad (FAO, 2019d).

### **Agrobiodiversidad, dietas saludables y seguridad alimentaria**

Las dietas saludables incluyen el consumo de variedad de frutas, verduras, legumbres y granos enteros, bajo consumo de azúcares y consumo moderado de grasas insaturadas. Aunque estos son los principios básicos de las dietas saludables, algunos aspectos de estas varían dependiendo de la edad, género, actividad física, condiciones socioeconómicas, contexto cultural y alimentos disponibles localmente (WHO, 2018). Las dietas saludables se han visto afectadas a nivel mundial por la homogenización de los sistemas alimentarios, y el aumento en el consumo de carbohidratos refinados, alimentos con azúcares añadidos, grasas y alimentos de origen animal (IPES-Food, 2016; Khoury et al., 2014b; Popkin et al., 2012), estos cambios están asociados a un proceso de globalización (Hawkes, 2006) e inciden profundamente en los altos índices de sobrepeso, obesidad, y otras enfermedades asociadas a la alimentación (Jaacks et al., 2019).

Las dietas saludables guardan una estrecha relación con la seguridad alimentaria. Este último concepto es más amplio y contempla múltiples dimensiones. Aunque existen nuevos aportes epistemológicos y teóricos a la discusión sobre seguridad alimentaria, la definición más usada surge en la Cumbre Mundial de la Alimentación en 1996: “*seguridad alimentaria existe cuando todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfacen sus necesidades energéticas diarias y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y sana*” (FAO, 1996).

Los vínculos entre la agrobiodiversidad y seguridad alimentaria se han visto fortalecidos a causa de crisis como: desnutrición, dietas de mala calidad y la expansión

del sistema alimentario homogéneo (Jacobsen et al., 2015; Jones, 2017; Popkin et al., 2012; Zimmerer et al., 2019). En este contexto se hace urgente visibilizar la agrobiodiversidad como una estrategia multifuncional para el mejoramiento de la seguridad alimentaria local y mundial (Bioversity International, 2019; Santilli, 2009). En este sentido en las agendas globales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible se ha recalcado el compromiso de mejorar la gestión, manejo, uso sostenible y conservación de la agrobiodiversidad como un pilar fundamental para lograr la meta Hambre Cero (United Nations, 2015).

En México hay una tendencia a la ingesta de alimentos industrializados, con alto contenido de azúcares y carbohidratos refinados (Gómez & Velázquez, 2019; Román et al., 2013). Este cambio de dietas es una de las causas de altos índices de obesidad en el país (OECD, 2017), actualmente la obesidad y el sobrepeso se han convertido en problemas de salud a nivel nacional (DiBonaventura et al., 2018) con altos costes económicos y sociales para el país (OECD, 2019).

### **Agrobiodiversidad en los sistemas agrícolas sostenibles y multifuncionales**

El paradigma actual sobre sostenibilidad ha tenido una amplia acogida en el sector agrícola, principalmente por los efectos del sector en el cambio de uso de suelo y el uso de agua dulce (FAO, 2011b; Ramankutty et al., 2008), la pérdida de biodiversidad y la contribución al cambio climático (IPCC, 2022). Estos efectos secundarios de la producción agrícola han generado la necesidad de diseñar un nuevo paradigma con dos requisitos: que la producción aumente y que se minimicen los daños ambientales y socioculturales. Una de las soluciones ante estos desafíos es la intensificación sostenible de la agricultura, que busca producir mientras se conserva la biodiversidad, las funciones y servicios ecosistémicos de los agroecosistemas (Rockström et al., 2017a), teniendo como premisa no superar los límites del sistema planetario (Rockström, 2009; Steffen et al., 2015).

Los sistemas agrícolas se basan en 5 objetivos para cumplir con la sostenibilidad :1) mejorar la eficiencia en el uso de recursos asociados a la agricultura; 2) generar acciones específicas para conservar y mejorar los recursos naturales implicados en los procesos agrícolas; 3) se deben proteger los medios de vida de los productores y promover la equidad y bienestar social; 4) se necesitan sistemas sociales y ecosistemas resilientes y 5) para crear sistemas agrícolas sostenibles se requieren procesos de gobernanza efectivos (FAO, 2014).

La biodiversidad agrícola es un pilar fundamental para la construcción de una agricultura sostenible basada en ecosistemas, la agrobiodiversidad genera servicios ecosistémicos en todos sus niveles (especies, agroecosistemas y paisajes) y tiene el potencial de diversificar y estabilizar el sistema agrícola, así como proveer nichos y

hábitats a especies relacionadas directamente con el sistema agrícola (polinizadores) y especies asociadas (biodiversidad silvestre), si como mejorar la biodiversidad del suelo (Bioversity International, 2017; Letourneau et al., 2011; Ponge et al., 2013).

En este sentido la agricultura sostenible requiere un enfoque multifuncional que integre los niveles de la agrobiodiversidad y entienda las dinámicas sociales, culturales y económicas, para esto se requiere una institucionalidad sólida en todos sus niveles. Este alto nivel institucional es básico, ya que de este depende que las agendas internacionales y nacionales que se enfocan en el bienestar presente y futuro de la sociedad humana y de los ecosistemas se cumplan (Bioversity International, 2017; United Nations, 2015).

### **Agrobiodiversidad, recursos genéticos y sistemas de semillas**

Las crisis sociales y ambientales actuales han generado presión mundial por salvaguardar los recursos genéticos relacionados con la agricultura. Ante esto se han desarrollado estrategias de conservación *in situ* y *ex situ* para recursos fitogenéticos, zoogenéticos y microorganismos (FAO, 2019c, 2019d). Una de las estrategias más destacadas en este ámbito son los bancos de genes, que se presentan como una posibilidad de resguardar el patrimonio biológico agrícola ante los cambios ecológicos y sociales. Actualmente se desarrollan redes y plataformas globales de recursos genéticos enfocados en la agricultura, entre ellos se encuentran los bancos de genes de CGIAR que cuenta con la colección más grande del mundo (CGIAR, 2020). Estas iniciativas son complementadas con la conservación *in situ* de ecosistemas estratégicos para especies vinculadas directa e indirectamente con la agricultura (UICN, 2016)

Los sistemas de semillas nacionales y particularmente los sistemas de semillas locales han hecho un gran aporte a la conservación del patrimonio biocultural en la agricultura. Ya que, a diferencia de los bancos de genes, las semillas se conservan y evolucionan bajo condiciones ambientales y culturales específicas, mientras se transmiten los conocimientos intergeneracionales (Gill et al., 2013; Louwaars & de Boef, 2012). Así mismo los sistemas de semillas locales aportan a los medios de vida de millones de personas alrededor del mundo, particularmente en las regiones con mayores niveles de pobreza (Munyi & Jonge, 2015).

### **Literatura citada**

- Bioversity International. (2017). *Mainstreaming agrobiodiversity in sustainable food systems: Scientific foundations for an agrobiodiversity index*. Bioversity International. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/89049>
- Bioversity International. (2019). *Agrobiodiversity Index Report 2019: Risk and*

- Resilience*. Bioersivity International. <https://hdl.handle.net/10568/100820>
- CGIAR. (2020). *The Genebank Platform*. <https://www.genebanks.org/the-platform/>
- DiBonaventura, M. D., Meincke, H., Le Lay, A., Fournier, J., Bakker, E., & Ehrenreich, A. (2018). Obesity in Mexico: Prevalence, comorbidities, associations with patient outcomes, and treatment experiences. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, 11, 1–10. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S129247>
- FAO. (1996). *Cumbre Mundial sobre la alimentación: Declaración de roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial y Plan de Acción sobre Alimentación*. <https://www.fao.org/3/w3613s/w3613s00.htm>
- FAO. (1998). *International Technical Workshop organised jointly by the Food and Agriculture Organization of the United Nations and the Secretariat of the Convention on Biological Diversity (SCBD), with the support of the Government of the Netherlands*.
- FAO. (2011a). *Segundo Informe Sobre El Estado De Los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la agricultura del Mundo*. FAO. <http://www.fao.org/3/i1500s/i1500s00.htm>
- FAO. (2011b). *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture: Managing Systems at Risk* (1a ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203142837>
- FAO. (2014). *Building a common vision for sustainable food and agriculture. Principles and approaches*. Food and agriculture organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/a-i3940e.pdf>
- FAO. (2015). *The Second Report on the State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture* (p. 562). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. <http://www.fao.org/3/a-i4787e.pdf>
- FAO. (2017). FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- FAO. (2018). *Biodiversity for sustainable agriculture. FAO's work on biodiversity for food and agriculture* (p. 31). FAO. <http://www.fao.org/3/CA2227EN/ca2227en.pdf>
- FAO. (2019a). *Status and trends of animal genetic resources* (p. 31). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. <http://www.fao.org/3/my867en/my867en.pdf>
- FAO. (2019b). *The State of the World's Aquatic Genetic Resources for Food and Agriculture* (p. 251). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture assessments. <http://www.fao.org/3/CA5256EN/CA5256EN.pdf>
- FAO. (2019c). *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture* (p. 530). FAO. <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>
- Gill, T. B., Bates, R., Bicksler, A., Burnette, R., Ricciardi, V., & Yoder, L. (2013). Strengthening informal seed systems to enhance food security in Southeast Asia. *Journal of Agriculture, Food Systems and Community Development*, 3(3), 139–153. <http://dx.doi.org/10.5304/jafscd.2013.033.005>
- Gómez, Y., & Velázquez, E. (2019). Salud y cultura alimentaria en México. *Revista Digital Universitaria*, 20(1). <https://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2019.v20n1.a6>
- Hawkes, C. (2006). Uneven dietary development: Linking the policies and processes of globalization with the nutrition transition, obesity and diet-related chronic

- diseases. *Globalization Health*, 2(4). <https://doi.org/doi:10.1186/1744-8603-2-4>.
- Huijun, G., Zhiling, D., & Brookfield, H. (1996). Agrodiversity and Biodiversity on the Ground and among the People: Methodology from Yunnan. En *PLEC news and views. A Periodical of the United Nations University Project of Collaborative Research on People, Land Management and Environmental Change (PLEC)* (pp. 14–22). The United Nations University. <http://archive.unu.edu/env/plec/pnv/PNV6www.pdf>
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, Vulnerability* (Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, p. 96). <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- IPES-Food. (2016). *From uniformity to diversity: A paradigm shift from industrial agriculture to diversified agroecological systems*. International Panel of Experts on Sustainable Food systems. [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/75659/UniformityToDiversity\\_FullReport.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/75659/UniformityToDiversity_FullReport.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Jaacks, L. M., Vandevijvere, S., Pan, A., McGowan, C. J., Wallace, C., Imamura, F., Mozaffarian, D., Swinburn, B., & Ezzati, M. (2019). The obesity transition: Stages of the global epidemic. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 7(3), 231–240. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(19\)30026-9](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(19)30026-9)
- Jacobsen, S.-E., Sørensen, M., Pedersen, S. M., & Weiner, J. (2015). Using our agrobiodiversity: Plant-based solutions to feed the world. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(4), 1217–1235. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0325-y>
- Jones, A. D. (2017). Critical review of the emerging research evidence on agricultural biodiversity, diet diversity, and nutritional status in low- and middle-income countries. *Nutrition Reviews*, 75(10), 769–782. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nux040>
- Khoury, C. K., Amariles, D., Soto, J. S., Diaz, M. V., Sotelo, S., Sosa, C. C., Ramírez-Villegas, J., Achicanoy, H. A., Velásquez-Tibatá, J., Guarino, L., León, B., Navarro-Racines, C., Castañeda-Álvarez, N. P., Dempewolf, H., Wiersema, J. H., & Jarvis, A. (2019). Comprehensiveness of conservation of useful wild plants: An operational indicator for biodiversity and sustainable development targets. *Ecological Indicators*, 98, 420–429. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.016>
- Khoury, C. K., Bjorkman, A. D., Dempewolf, H., Ramirez-Villegas, J., Guarino, L., Jarvis, A., Rieseberg, L. H., & Struik, P. C. (2014). Increasing homogeneity in global food supplies and the implications for food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(11), 4001–4006. <https://doi.org/10.1073/pnas.1313490111>
- Khoury, C. K., Brush, S., Costich, D. E., Curry, H. A., de Haan, S., Engels, J. M. M., Guarino, L., Hoban, S., Mercer, K. L., Miller, A. J., Nabhan, G. P., Perales, H. R., Richards, C., Riggins, C., & Thormann, I. (2021). Crop genetic erosion: Understanding and responding to loss of crop diversity. *New Phytologist*, n/a(n/a). <https://doi.org/10.1111/nph.17733>
- Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop & Plant Research). (2017). *Mansfeld's World Database of Agriculture and Horticultural Crops*. <http://mansfeld.ipk-gatersleben.de/apex/f?p=185:3>

- Letourneau, D. K., Ambrecht, I., Rivera, B. S., Lerma, J. M., Carmona, E. J., Daza, M. C., Escobar, S., Galindo, V., Gutiérrez, C., López, S. D., Mejía, J. L., Rangel, A. M. A., Rangel, J. H., Rivera, L., Saavedra, C. A., Torres, A. M., & Trujillo, A. R. (2011). Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Applications: A Publication of the Ecological Society of America*, 21(1), 9–21. <https://doi.org/10.1890/09-2026.1>
- Louwaars, N., & de Boef, W. (2012). Integrated Seed Sector Development in Africa: A Conceptual Framework for Creating Coherence Between Practices, Programs, and Policies. *Journal of Crop Improvement*, 26, 39–59. <https://doi.org/10.1080/15427528.2011.611277>
- Munyi, P., & Jonge, B. (2015). Seed systems support in Kenya: Consideration for an integrated seed sector development approach. *Journal of Sustainable Development*, 8(2), 161–173. <https://doi.org/10.5539/jsd.v8n2p161>
- OECD. (2017). *Obesity Update*. OECD. <http://www.oecd.org/health/obesity-update.htm>
- OECD. (2019). *The Heavy Burden of Obesity: The Economics of Prevention* | en | OECD. OECD. <https://www.oecd.org/health/the-heavy-burden-of-obesity-67450d67-en.htm>
- Ponge, J.-F., Pérès, G., Guernion, M., Ruiz-Camacho, N., Cortet, J., Pernin, C., Villenave, C., Chaussod, R., Martin-Laurent, F., Bispo, A., & Cluzeau, D. (2013). The impact of agricultural practices on soil biota: A regional study. *Soil Biology and Biochemistry*, 67, 271–284. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.08.026>
- Popkin, B. M., Adair, L. S., & Ng, S. W. (2012). Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries. *Nutrition Reviews*, 70(1), 3–21. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2011.00456.x>
- Ramankutty, N., Evan, A. T., Monfreda, C., & Foley, J. A. (2008). Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. *Global Biogeochemical Cycles*, 22(1). <https://doi.org/10.1029/2007GB002952>
- Rockström, J. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, 14(2), 32. <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32>
- Rockström, J., Williams, J., Daily, G., Noble, A., Matthews, N., Gordon, L., Wetterstrand, H., DeClerck, F., Shah, M., Steduto, P., de Fraiture, C., Hatibu, N., Unver, O., Bird, J., Sibanda, L., & Smith, J. (2017). Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. *Ambio*, 46(1), 4–17. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0793-6>
- Román, S., Ojeda, C., & Panduro, A. (2013). Genética y evolución de la alimentación de la población en México. *Revista de Endocrinología y Nutrición*, 20(1), 42–51. <http://medigraphic.com/endocrinologia>
- Santilli, J. (2009). *Agrobiodiversidade e direito dos agricultores*. Editora Petrópolis.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2000). *Decisiones adoptadas por la conferencia de las partes en el Convenio sobre la Diversidad Biológica*. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-05/full/cop-05-dec-es.pdf>
- Steffen, W., Katherine Richardson, Johan Rockström, Sarah E. Cornell, Ingo Fetzer, Elena M. Bennett, Reinette Biggs, Stephen R. Carpenter, Wim de Vries, Cynthia A. de Wit, Carl Folke, Dieter Gerten, Jens Heinke, Georgina M. Mace, Linn M.

- Persson, Veerabhadran Ramanathan, Belinda Reyers, & Sverker Sörlin. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 736. ['Planetary Boundaries Guiding Human Development on a Changing Planet'](https://www.researchgate.net/publication/270898819)
- UICN. (2016). *El 15% de las tierras del planeta están protegidas, pero quedan excluidas áreas cruciales para la biodiversidad*. <https://www.iucn.org>. <https://www.iucn.org/es/news/secretariat/201609/el-15-de-las-tierras-del-planeta-est%C3%A1n-protegidas-pero-quedan-excluidas-%C3%A1reas-cruciales-para-la-biodiversidad>
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- WHO. (2018). *Healthy diet*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>
- Zimmerer, & Haan, S. (2017). Agrobiodiversity and a sustainable food future. *Nature Plants*, 3, 17047. <https://doi.org/10.1038/nplants.2017.47>
- Zimmerer, K., de Haan, S., Jones, A. D., Creed-Kanashiro, H., Tello, M., Carrasco, M., Meza, K., Plasencia Amaya, F., Cruz-Garcia, G. S., Tubbeh, R., & Jiménez Olivencia, Y. (2019). The biodiversity of food and agriculture (Agrobiodiversity) in the anthropocene: Research advances and conceptual framework. *Anthropocene*, 25, 100192. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2019.100192>
- Zimmerer, K. S., & Vanek, S. J. (2016). Toward the Integrated Framework Analysis of Linkages among Agrobiodiversity, Livelihood Diversification, Ecological Systems, and Sustainability amid Global Change. *Land*, 5(2), 10. <https://doi.org/10.3390/land5020010>

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA GENERAL**

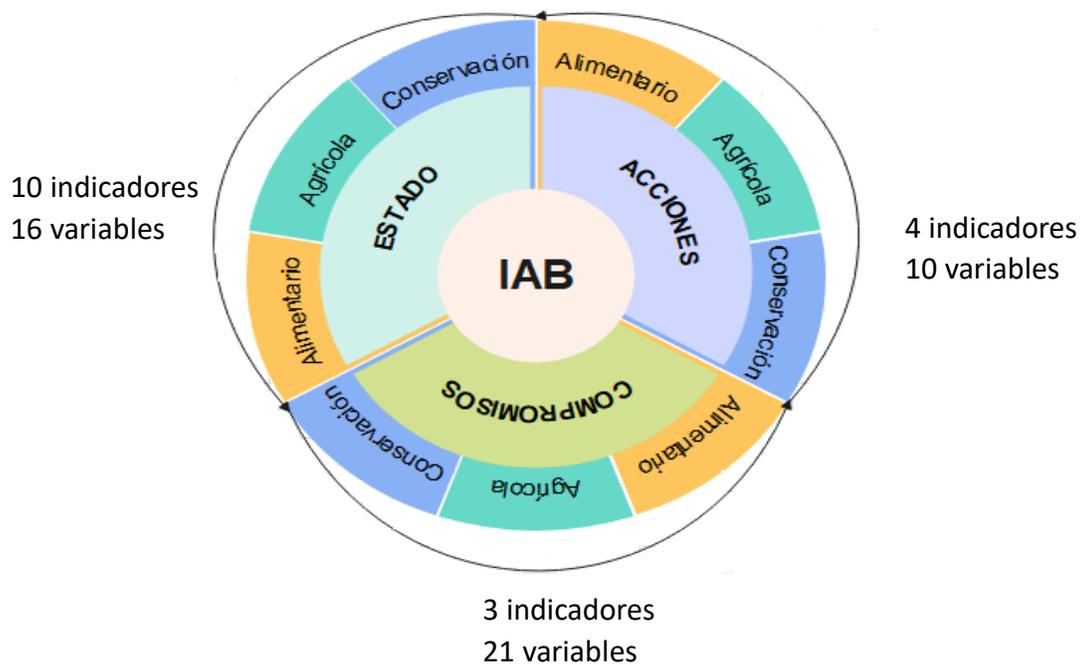
Esta investigación se desarrolló con base en la metodología Índice de Agrobiodiversidad (IAB) Vol. 1.0 desarrollada por Bioversity International y los ajustes desarrollados por Jones et al., (2021). El índice IAB es el resultado de un proceso exhaustivo de investigación y está enfocado en medir la agrobiodiversidad y sus múltiples relaciones con el sistema agrícola, alimentario y de conservación a una escala nacional (Bioversity International, 2016, 2017, 2018, 2019).

Esta metodología pretende llenar uno de los mayores vacíos en la investigación sobre la agrobiodiversidad y busca generar información con base científica para que cada país tome mejores decisiones para la sostenibilidad, uso, conservación y manejo de la agrobiodiversidad en el sistema agrícola y alimentario. Uno de los principales aportes del IAB es su carácter transdisciplinar y sistémico, ya que desarrolla los múltiples niveles de la agrobiodiversidad y a su vez múltiples vínculos con el sector agrícola, alimentario, en el contexto cambio global.

También es una herramienta que permite el seguimiento de los compromisos internacionales como la Agenda 2030 y el Convenio de Diversidad Biológica. Esta herramienta les permitirá a los países diseñar planes de intervención basado en evidencia científica, así como líneas base para la intervención de planes financieros.

### **Arquitectura del Índice de Agrobiodiversidad**

El IAB se implementó a través de 17 indicadores y 48 variables. El índice puede ser abordado de dos maneras: 1) a partir de los sistemas que se miden -sistema alimentario, sistema agrícola y sistema de conservación de recursos genéticos- ; 2) a partir de los aspectos que se miden: compromisos, acciones y estado. Para esta investigación se decidió abordar a partir de los aspectos que se miden, principalmente porque permite una cohesión metodológica (Figura 1).



**Figura 1.** Arquitectura del índice de Agrobiodiversidad: la medición del estado, los compromisos y las acciones se implementan en el sistema alimentario, agrícola y de conservación.

En la categoría **estado** se mide con que cuenta el país en términos de agrobiodiversidad. Se usaron bases de datos abiertas, globales y nacionales, se midieron 10 indicadores y 16 variables. Esta metodología se describe a profundidad en la capítulo IV.

La medición de los compromisos tiene como objetivo identificar el nivel de compromiso político y legislativo de los países ante la agrobiodiversidad en los sistemas alimentarios, agrícolas y de recursos genéticos. Se analizaron las políticas públicas vigentes (leyes, reglamentos de leyes, programas, normas y estrategias) por medio de minería de texto y el desarrollo de códigos a través de Natural Language Programming (NLP) usando Python (Juventia et al., 2020). Se implementaron 3 indicadores y 21 variables. Esta metodología se describe en detalle en el capítulo V.

Por otra parte, la categoría **acciones** se centra en medir las prácticas que desarrollan los países para cumplir los compromisos en políticas, respecto a la agrobiodiversidad en los sistemas alimentarios, agrícolas y de conservación recursos genéticos para uso presente y futuro. El IAB adapta la metodología desarrollada por la FAO sobre Directrices para la Preparación de Informes Nacionales sobre el Estado de la biodiversidad mundial para la alimentación y la agricultura (SoW-BFA por sus siglas en inglés). Se usaron conjuntos de datos abiertos, globales y nacionales. En total se midieron 4 indicadores y 10 variables. Esta metodología se describe a profundidad en el capítulo VI.

## Métricas del índice

El IAB funciona como un índice compuesto basado en técnicas de Análisis Multicriterio en toma de decisiones o Análisis de Decisión Multicriterio (MCDA por sus siglas en inglés), se basa en técnicas de agregación que puedan ser de fácil comprensión por un público no experto, principalmente por tomadores de decisiones y por su utilidad en la medición del proceso de sostenibilidad (Cinelli et al., 2014; Hajkowicz & Higgins, 2008; Huang et al., 2011). El índice se basa en tres pasos principales: obtención de las variables en “bruto”, normalización de cada variable a partir de los umbrales sugeridos en la metodología y promedios ponderados para calcular los indicadores, los sistemas (alimentarios, agrícolas y de conservación) y las tres métricas implementadas (estados, compromisos y acciones).

Tanto el índice, como los sistemas, indicadores y variables se basan en sumatorias ponderadas con escalas de 0 a 100, el objetivo de implementar estas métricas es que los indicadores tengan unidades que puedan ser comparadas.

Se usaron las siguientes ecuaciones:

$$\text{Puntaje estandarizado de las variables} = \frac{X - \min(X)}{\max(X) - \min(X)} \times 100$$

X= valor bruto de la variable; min (X) y max (X) son los umbrales establecidos para cada subindicador.

$$\text{Puntaje de indicadores} = \frac{\sum m(i) S_j}{\text{Número de mediciones en } i}$$

S= puntaje estandarizado de la medición; m = medición (variable); i = indicador

$$\text{Índice del Estado de Agrobiodiversidad (IEA)} = \frac{\sum Es(s) S}{\text{Número de sistemas medidos}}$$

Es= Estado; s= sistema; S= puntaje del sistema

$$\text{Índice del Compromisos de Agrobiodiversidad (ICA)} = \frac{\sum Com(s) S}{\text{Número de sistemas medidos}}$$

Cop= Compromisos; s= sistema; S= puntaje del sistema

$$\text{Índice Acciones de Agrobiodiversidad (IEA)} = \frac{\sum Acc(s) S}{\text{Número de sistemas medidos}}$$

Acc= Acciones; s= sistema; S= puntaje del sistema

## Literatura citada

- Bioversity International. (2016). *Delhi Declaration on Agrobiodiversity Management*. [https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user\\_upload/campaigns/ABD\\_Congress\\_India/Delhi\\_Declaration\\_8-12-2016\\_4.pdf](https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user_upload/campaigns/ABD_Congress_India/Delhi_Declaration_8-12-2016_4.pdf)
- Bioversity International. (2017). *Mainstreaming agrobiodiversity in sustainable food systems: Scientific foundations for an agrobiodiversity index*. Bioversity International. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/89049>
- Bioversity International. (2018). *The Agrobiodiversity Index: Methodology Report v.1.0*. Bioversity International. [https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user\\_upload/AA\\_Publications/Methodology\\_Index\\_1.pdf](https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user_upload/AA_Publications/Methodology_Index_1.pdf)
- Bioversity International. (2019). *Agrobiodiversity Index Report 2019: Risk and Resilience*. Bioversity International. <https://hdl.handle.net/10568/100820>
- Cinelli, M., Coles, S. R., & Kirwan, K. (2014). Analysis of the potentials of multi criteria decision analysis methods to conduct sustainability assessment. *Ecological Indicators*, 46, 138–148. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.06.011>
- Hajkowicz, S., & Higgins, A. (2008). A comparison of multiple criteria analysis techniques for water resource management. *European Journal of Operational Research*, 184(1), 255–265. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.10.045>
- Huang, I., Keisler, J., & Linkov, I. (2011). Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. *The Science of the total environment*, 409, 3578–3594. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.06.022>
- Jones, S. K., Estrada-Carmona, N., Juventia, S. D., Dulloo, M. E., Laporte, M.-A., Villani, C., & Remans, R. (2021). Agrobiodiversity Index scores show agrobiodiversity is underutilized in national food systems. *Nature Food*, 2(9), 712–723. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00344-3>
- Juventia, S., Jones, S., Laporte, M., Remans, R., Villani, C., & Estrada-Carmona, N. (2020). Text Mining National Commitments towards Agrobiodiversity Conservation and Use. *Sustainability*, 12, 715. <https://doi.org/10.3390/su12020715>

## CAPÍTULO III. LOS CONTRASTES ENTRE EL SISTEMA FORMAL E INFORMAL DE SEMILLAS DE MÉXICO: UNA REVISIÓN CRÍTICA

Artículo publicado en la revista Geografía Agrícola  
<https://doi.org/10.5154/r.rga.2021.66.09>

### Resumen

El objetivo de esta investigación fue analizar las características del sistema formal e informal de semillas en México. Se usó una metodología cualitativa basada en la revisión y análisis documental con el software Atlas.ti, las principales variables en el análisis fueron: marcos jurídicos, actores, acciones principales y estrategias de cohesión entre los dos sistemas. Los resultados evidencian que el sistema formal de semillas ha desarrollado un marco legal robusto, basado en los acuerdos y tratados internacionales. Los actores del sistema formal están conformados por centros de investigación nacionales e internacionales, empresas privadas y estatales que han desarrollado plataformas para la cohesión del sector. En contraste, el sistema informal de semillas enfrenta crisis que han obligado a la organización de sus actores a niveles más allá del local y la exigencia de marcos legales que defiendan los derechos de quienes salvaguardan las semillas nativas.

**Palabras clave:** Leyes de semillas, sistema local de semilla, semilla certificada, ATLAS.ti

### Abstract

The objective of this research was to analyze the characteristics of the formal and informal seed system in Mexico. A qualitative methodology based on documentary review and analysis was used, the main variables in the analysis were: legal frameworks, actors, main actions, and cohesion strategies between the two systems. The results show that the formal seed system has developed a robust legal framework, based on international agreements and treaties. The actors of the formal system are made up of national and international research centers, private and state companies that have developed platforms for the cohesion of the sector. In contrast, the informal seed system faces crises that have forced the organization of its actors at levels beyond the local level and the demand for legal frameworks that defend the rights of those who safeguard native seeds.

**Keywords:** Seed laws, local seed system, certified seed, ATLAS.ti

## **Introducción**

Los sistemas de semillas son un pilar fundamental para la agricultura, la seguridad alimentaria y los medios de vida de millones de personas (FAO, 2015). Los sistemas de semillas nacionales se componen del Sistema Formal de Semillas (SFS) y el Sistema Informal de Semillas (SIS), operan bajo lógicas de selección, producción y distribución diferentes (Louwaars & de Boef, 2012).

El SFS está conformado por la sinergia de varios pilares: el desarrollo de semillas mejoradas (basados en métodos científicos), liberación de semillas bajo estándares probados, multiplicación y mercadeo. Este sistema se especializa en híbridos y un número limitado de cultivos, está amparado en normativas y un marco legal a nivel internacional y nacional (Calle et al., 2015; Louwaars & de Boef, 2012).

Por su parte el sistema informal de semillas también denominado sistema local de semillas o sistema campesino de semillas, se basa en estrategias donde los agricultores son quienes conservan, producen, seleccionan e intercambian sus semillas; este sistema está integrado al sistema agrícola y socioeconómico de las comunidades (Almekinders, 2001; Munyi & De Jonge, 2015), se basa en los conocimientos locales transmitidos de generación en generación (Hlatshwayo et al., 2021) y es administrado principalmente por mujeres (Schöley & Padmanabhan, 2017). En África, Sudamérica, Centroamérica y Asia representa entre 60 -100 % del suministro total de semillas (Gill et al., 2013; Munyi & De Jonge, 2015). Es así como un sistema que parece subordinado al ámbito “local” aporta a un suministro nacional y a los medios de vida de millones de personas.

Para hacer frente a los problemas actuales del sector agrícola, se requiere de una articulación entre estos sistemas (FAO, 2011b; GIZ, 2014; McGuire & Sperling, 2016), que vincule el desarrollo de semillas mejoradas para cumplir las demandas de alimentos nacionales/globales y a la vez se necesita fortalecer los sistemas locales que conservan y utilizan millones de agricultores (De Boef et al., 2010).

México presenta una situación bastante particular, por un lado, al ser uno de los centros de la revolución verde, se impulsó la creación (relativamente temprana) de un sistema estatal de producción, certificación y comercialización de semillas mejoradas que desde la década de los años 90's ha estado liderada por las empresas privadas (Luna et al., 2012) y se desarrolló un marco regulatorio sólido para el sistema formal

de semillas (Domínguez et al., 2019). Por otro lado, el abastecimiento de semillas aún depende principalmente de los sistemas informales, 77.5 % de las unidades de producción del país usan semillas nativas (INEGI, 2017) los agricultores siguen obteniendo este recurso a través de sus propias cosechas, intercambios de semillas, en las ferias de semillas o bancos comunitarios de semillas (Hermann et al., 2009).

Si bien los sistemas locales de semillas siguen alimentando a millones de mexicanos, hay poca investigación sobre su evolución, dinámica, problemáticas, marco legal y sus actores, esto se refleja en las escasas publicaciones científicas sobre el tema. En este contexto surge esta investigación cuyo objetivo fue analizar el sistema formal e informal de semillas a través del marco legal, los acuerdos internacionales, los programas estatales y los actores que lo conforman. Se analizan las diferencias entre estos sistemas y se diseñan propuestas enfocadas en la cohesión del sector.

## Metodología

La investigación se desarrolló a través de una metodología de análisis documental en tres fases: en la primera se seleccionaron los documentos basados en los criterios de calidad y relevancia. La segunda y tercera fase se desarrollaron con el software Atlas.ti. 8.4.25, los documentos se clasificaron en cinco grupos y posteriormente a través de un proceso hermenéutico se codificaron por lista (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Fases metodológicas: selección de documentos, clasificación y análisis

<b>Primera fase: selección de documentos</b>	
Idioma	Español e inglés
Tiempo	Desde 1961 a 2019
Palabras clave	Español/ ingles Sistema de semillas ( <i>Seeds system</i> ) Tratados sobre semillas en México ( <i>Seed treaties in Mexico</i> ) Sistema formal de semillas ( <i>Formal seeds system</i> ) Sistema informal/local de semillas ( <i>Informal/local seed system</i> ) Sistema formal de semillas en México ( <i>Formal seed system in Mexico</i> ) Sistema informal de semillas en México ( <i>Informal seeds system in Mexico</i> )  Marco legal de semillas en México ( <i>Legal framework of seeds in Mexico</i> ) Leyes de semillas nativas en México ( <i>Laws of native seeds in Mexico</i> )

Recursos de información	Bases de datos : Web of science, Science Direct, Redalyc, Dialnet, Scielo Diario Oficial de la Federación Páginas oficiales del gobierno de México (SNICS- INIFAP) Fuentes oficiales de organizaciones internacionales (FAO, CDB)
Criterios de inclusión	Documentos que profundizaran en el tema que se aborda Documentos <i>open access</i>
<b>Segunda y tercera fase: clasificación por grupos y codificación</b>	
Grupos	Códigos por lista
Marco normativo Internacional	Año de promulgación, objeto del acuerdo, actores, Relación con el SFS, Relación con el SIS, Vigencia
Marco legal nacional	Año de promulgación, objeto de la ley, actores; relación con el SFS, relación con el SIS, vigencia
Sistema Formal de semillas	Actores, acciones, producción, certificación de semillas
Sistema informal de semillas	Campañas de semillas, ferias de semillas, bancos comunitarios de semillas, guardianes de semillas, colectivos de semillas
Estrategia de cohesión del sistema de semillas	Sistemas de semillas robustos, mejoramiento participativo, pequeñas empresas de semillas, políticas de semillas
<b>Fuente:</b> Basado en Barbosa et al., (2013); Cantero, (2014); Paulus & Lester, (2016)	

## Resultados

### **Sistema formal de semillas de México: análisis histórico del marco legal y la influencia del marco normativo internacional**

La modernización del sistema de semillas en México surge por las sinergias que se establecieron desde 1940 entre los promotores de la Revolución Verde y las políticas del estado de bienestar. Las instituciones estatales y de investigación que promovían el desarrollo tecnológico para aumentar la producción e industrialización agrícola nacional requerían de un marco político y legal que respaldara y validara estas iniciativas como una política de estado. El marco legal del sistema formal de semillas en México inicia con la promulgación de la *Ley de Producción, Certificación y Comercio de Semillas* (LPCCS) en el año 1961. En esta primera ley se establece la importancia

para el país de la investigación para el mejoramiento de variedades vegetales, la certificación de semillas, utilización venta y distribución de semillas mejoradas y procesos de divulgación para incentivar el uso de semillas certificadas (DOF, 1961).

Esta ley designó a la *Productora Nacional de Semillas* (PRONASE), el *Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas* (INIA) y el *Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas* (SNICS) como los organismos rectores y garantes (DOF, 1961). Con la coordinación de estas instituciones fue posible desarrollar las investigaciones para creación de nuevas variedades mejoradas, la certificación de la calidad de las semillas y la reproducción y distribución de este material a productores (Luna et al., 2012).

Con el control del estado sobre el sistema de semillas del país, fue posible generar tecnología y distribuir esa tecnología a los productores. Sin embargo, a partir del año 1980 el estado mexicano inicia una transición hacia un modelo neoliberal en el que las empresas privadas y los tratados comerciales internacionales transforman el sistema de semillas (Ortega et al., 2018).

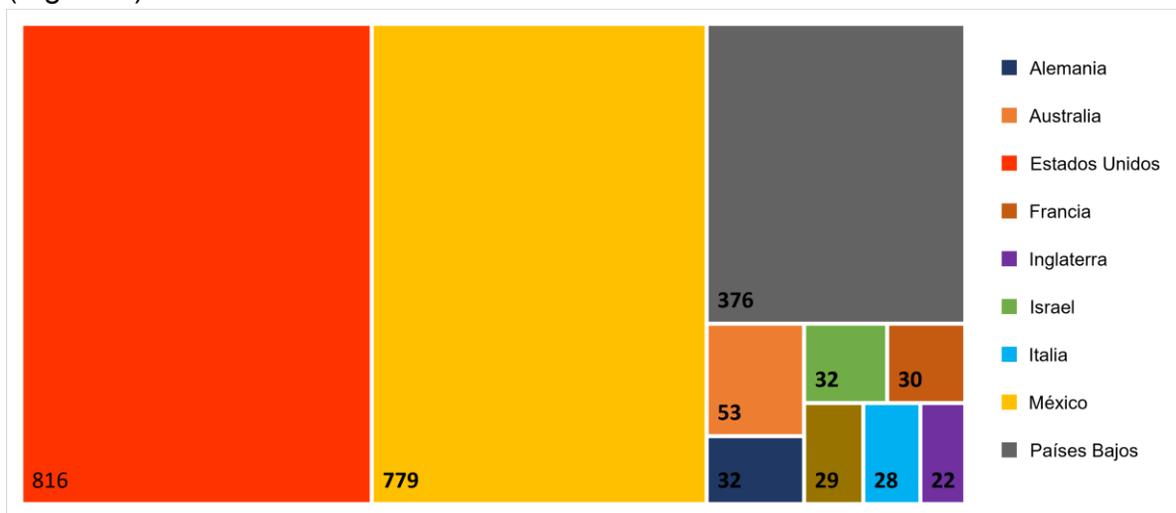
En los años previos a la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) que entró en vigor en el año 1994, el estado mexicano se vio obligado a realizar reformas a su sistema normativo y jurídico. Para el SFS esto implicó un ajuste a la Ley de Semillas de 1961. Es así como se modifica la *Ley de Producción, Certificación y Comercio de Semillas* (LPCCS) en 1991 que deroga la Ley de 1961 (DOF, 1991). Esta ley permitió la entrada de empresas privadas para la producción certificación y comercialización de semillas certificadas y desmanteló poco a poco las funciones y competitividad de la PRONASE (Espinosa et al., 2012).

En teoría, esta reforma buscaba aumentar la producción de semillas certificadas en el país y generar competitividad. Sin embargo, las estadísticas demuestran que no se produjo el efecto que se esperaba. Entre 1983 y 1987 en pleno apogeo de la primera ley de semillas, el país producía alrededor de 65 % de las semillas certificadas (maíz, frijol, arroz y trigo), entre el 1993 y 1997 se produjo el 29 % y hasta 2013 la producción alcanza 40 % (CEDRSSA, 2015).

En el año 1996 entra en vigor la *Ley Federal de Variedades Vegetales*, con esta ley queda cimentada la estructura legal y normativa para la **propiedad intelectual** de variedades vegetales en el país (DOF, 1996). En términos de Becerra, (1998) con esta ley el estado mexicano no solo otorga derechos a través de un sistema jurídico con los títulos de obtentor, la protección implica otorgar al obtentor un “monopolio de explotación” temporal que permite que los creadores de nuevas variedades

aprovechen comercialmente sus innovaciones tecnológicas. Además, estas leyes tienen el potencial de promover y garantizar la inversión científica y financiera para el desarrollo de variedades vegetales en México.

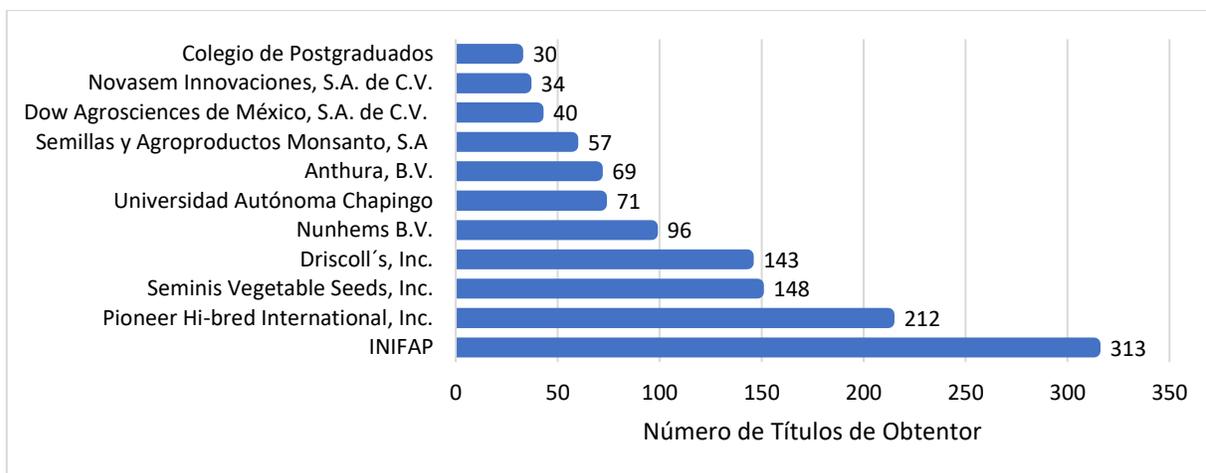
De acuerdo con la Gaceta Oficial de Derechos de Obtentor hasta el primer semestre de 2021, se realizaron 3 035 solicitudes de variedades de vegetales en México, de estas 2 227 son vigentes y 121 de dominio público (SNICS, 2021). Los países con mayor cantidad de títulos de obtentor vigentes son, Estados Unidos, México y Holanda (Figura 1).



**Figura 1.** Distribución de títulos de obtentor vigentes por país.

**Fuente:** elaboración de los autores con datos del SNICS 2021

En cuanto al tipo de solicitante predominan las empresas privadas extranjeras, sin embargo, los solicitantes nacionales son principalmente instituciones públicas de investigación, educación e innovación como el INIFAP, la Universidad Autónoma Chapingo y el Colegio de Postgraduados (Figura 2).



**Figura 2.** Principales instituciones con Título de obtentor vigente

**Fuente:** elaboración de los autores con datos del SNICS 2021

México se adhiere formalmente a la UPOV en 1997 en la versión del acta de 78 (UPOV, 2019). Esta acta es la versión vigente más antigua y que les otorga más autonomía a los países firmantes bajo un mecanismo “*sui generis*”. Al igual que en el TLCAN de 1992 el nuevo tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC) estipula en el artículo 20.7 que todos los países que conforman el acuerdo deben “ratificar o adherirse” a la UPOV 1991, también se especifica que se debe implementar este acuerdo en un plazo de cuatro años en cuanto el tratado entre en vigencia (T-MEC, 2019).

En 2005 se creó la iniciativa de Ley para la Protección y Fomento de Semillas, esta iniciativa proponía entre otras cosas declarar de interés público la investigación y desarrollo del sector semillero nacional. Estas propuestas fueron aprobadas en la Cámara de Diputados, sin embargo, no fueron respaldadas en el Senado bajo los argumentos de falta de claridad en su formulación y las posibles afectaciones que podría causar a los derechos de propiedad intelectual que están respaldados por leyes nacionales y tratados internacionales (De Ita & López, 2012; Espinosa et al., 2012).

## El Sistema Nacional de Semillas

En 2007 se aprueba la vigente Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas (LFPCCS), esta ley ordena la creación del Sistema Nacional de Semillas (SINASEM) y en 2016 se decreta el acuerdo para su constitución oficial, este sistema tiene como función principal “*promover la concurrencia y participación de los sectores, ramas, grupos y agentes económicos, vinculados con la conservación,*

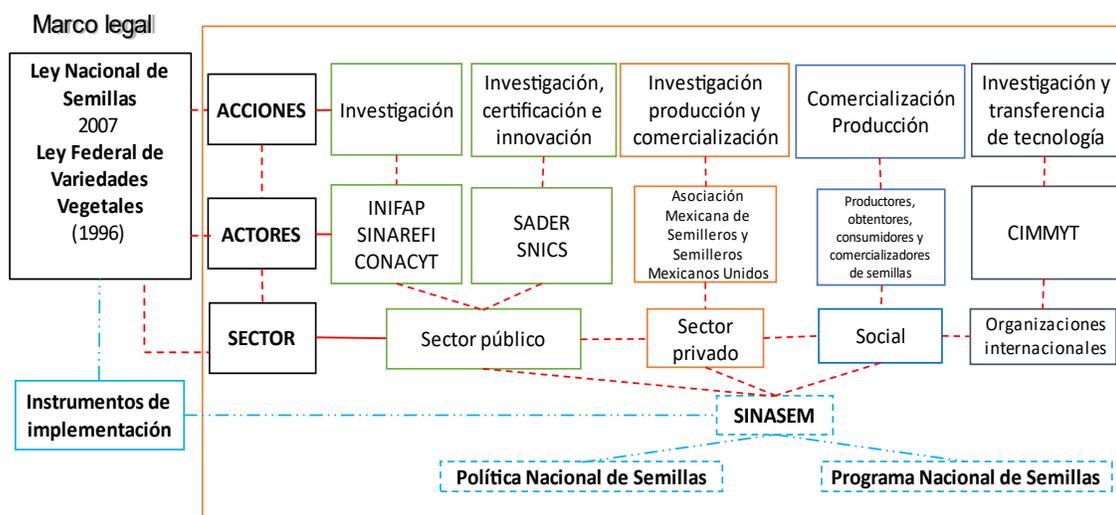
investigación, producción, certificación, comercialización, fomento, abasto y uso de semillas, para concertar acuerdos que favorezcan la cooperación y complementariedad de los sectores público, social y privado, dándole seguimiento a su instrumentación” (DOF, 2016).

En el actual sexenio (2018-2024), se han desarrollado dos estrategias que buscan operativizar el SINASEM, el primero es la Política de semillas 2020- 2024, la cual se estructura en cuatro ejes, 11 estrategias y 41 acciones, el objetivo de esta política es desarrollar y coordinar acciones entre todos los actores del sector semillero que permitan la producción, comercio y normatividad de semillas de calidad (SNICS & SADER, 2020)

El segundo instrumento es el Programa Nacional de Semillas el cual busca promover investigación y tecnología para obtener y mejorar semillas, sus acciones también se centran en promover esquemas de acceso por parte de pequeños productores a semillas de calidad para contribuir a la autosuficiencia alimentaria en el país (DOF, 2020a).

### Actores del sistema formal de semillas

El Sistema Formal de Semillas de México está compuesto por actores del sector público y privado enfocados en la conservación, mejoramiento, investigación, certificación, comercio y producción de semillas. Actualmente los actores del SFM están amparados bajo un marco legal nacional y comparten espacios de cohesión como el Sistema Nacional de Semillas (SINASEM) (Figura 3).



**Figura 3.** Actores del Sistema Formal de Semillas de México

Fuente: elaboración de los autores

## **Sistema informal de semillas en México**

El sistema informal de semillas en México está basado en las estrategias locales que los agricultores han desarrollado para abastecerse de semillas en cada periodo de siembra, funciona bajo un sistema de selección de las semillas cosechadas, en el trueque, en las ferias de semillas y en algunos casos en los bancos comunitarios de semillas. Las semillas nativas son usadas en 77.5 % de las unidades productivas del país (INEGI, 2017), por lo tanto, el sistema informal es el más extendido en el país. Este sistema sigue funcionando porque muchos agricultores prefieren sus semillas (maíz, frijol, calabazas, frutales, especies medicinales, etc.) por la capacidad de adaptación a las condiciones locales, por la relación de sus semillas con la cosmovisión local y en algunos casos porque los recursos económicos con los que cuentan no son suficientes para adquirir semillas mejoradas. Este sistema y su dinámica aportan sustancialmente a los sistemas agrícolas sostenibles (Álvarez et al., 2011; Hermann et al., 2009)

## **Marco normativo y legal para sistemas informales de semillas en México**

A nivel internacional México forma parte del Protocolo de Nagoya Sobre el Acceso a los Recursos Genéticos y Participación Justa y Equitativa para los Beneficios que se Deriven de su Utilización, posee un marco legalmente vinculante donde comunidades campesinas indígenas y afrodescendientes tiene derechos colectivos sobre su patrimonio biocultural (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2011). Parte de ese patrimonio está representado en las semillas de cultivos de las cuales México es centro de origen, domesticación y diversificación.

Los marcos políticos y legales respecto al sistema informal de semillas son incipientes en el país y hacen referencia principalmente a semillas de maíz. La mayoría de las leyes para la conservación y fomento de las semillas nativas son de índole estatal, aunque a nivel nacional destaca la creación de la Ley Federal para el Fomento y Protección del Maíz Nativo expedida en 2020 (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Marco legal internacional, nacional y estatal del sistema de semillas informal en México

<b>Nivel</b>	<b>Ley/Protocolo/Convenio</b>	<b>Principales aportes al SIS</b>
<b>Internacional</b>	Protocolo de Nagoya Sobre el Acceso a los Recursos Genéticos y Participación Justa y Equitativa para los Beneficios que se Deriven de su Utilización (2010) En proceso de implementación	La participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. Reconoce los derechos de comunidades indígenas y locales sobre sus recursos genéticos ( que incluye las semillas como patrimonio biocultural)
<b>Nacional</b>	Decreto promulgatorio del Protocolo de Nagoya en México (2014) Vigente	Protocolos comunitarios en relación con los conocimientos tradicionales. No restricción a uso e intercambio de recursos genéticos (incluyendo semillas) y conocimientos en comunidades indígenas y campesinas.
	Ley federal para el fomento y protección del maíz nativo 2020 Aprobado en Senado	Establece mecanismos institucionales para la protección y fomento del Maíz Nativo y en Diversificación Constante. Conservación <i>In-situ</i> de semillas de maíz nativo y creación de Bancos Comunitarios
<b>Estatal</b>	Ley de Fomento y Protección del Maíz Criollo como Patrimonio Alimentario del estado de Michoacán de 2011 Ley Vigente	Establecer los mecanismos de fomento y protección al maíz, en cuanto a su producción, comercialización, consumo y diversificación. Establecer líneas de política pública que apoyen la organización de los productores originarios y custodios
	La Ley Agrícola de Fomento y Protección al Maíz como Patrimonio Originario, en Diversificación Constante y Alimentario para el estado de Tlaxcala 2011 Ley Vigente	Promover la productividad, competitividad y biodiversidad del maíz criollo. Promover las actividades de los productores, así como de las comunidades que descienden de aquellos que originariamente han cultivado el maíz.
	Ley de Protección y Conservación del Maíz Criollo en su estado genético para el Estado de Morelos 2014 Ley Vigente	Promover el desarrollo sustentable de los maíces criollos Promover la conservación y el aprovechamiento tecnológico de los maíces criollos

**Fuente:** Congreso del Estado de Michoacán, (2011); Congreso del Estado de Morelos, (2014); Congreso del Estado de Tlaxcala, (2011); DOF, (2014, 2020b)

Algunas de las críticas a las leyes estatales y nacionales de fomento al maíz es que no establecen mecanismos reales para la prohibición de semillas genéticamente

modificadas, siendo ésta una de las principales amenazas que perciben los agricultores para sus sistemas de semillas (De Ita & López, 2012).

### Actores del sistema informal de semillas

Los actores del sistema de semillas informales son los productores, campesinos, grupos indígenas, comunidades afrodescendientes y en los últimos años personas de las ciudades comprometidas con los sistemas agrícolas y su sostenibilidad. Históricamente el SIS se enfrenta a múltiples problemáticas de tipo socioeconómicas como migración, procesos de aculturación, pérdida de transmisión de conocimientos intergeneracionales y los limitados programas y acciones gubernamentales que promuevan estos sistemas ancestrales. Así mismo inciden factores ambientales como eventos climáticos extremos, incidencia de plagas y enfermedades y a contaminación con maíz transgénico en algunos territorios del país (García & Toscana, 2017; Quist & Chapela, 2001).

Estas problemáticas y la necesidad de conservar el patrimonio biocultural han impulsado la creación de asociaciones y colectivos a nivel regional y nacional que buscan proteger y salvaguardar las semillas y mejorar el sistema legal para que sean protegidos sus derechos de conservar, intercambiar y multiplicar las semillas nativas (Cuadro 3). Estas organizaciones funcionan con recursos propios, algunas reciben soporte de organizaciones no gubernamentales y otras asociaciones civiles interesadas en la conservación de las especies nativas.

**Cuadro 3.** Principales colectivos en el sector informal de semillas en México

Nivel	Estado	Organizaciones/Colectivos
Nacional		Fundación <i>Semillas de Vida</i> A.C (ONG)
		Red Mexicana de semillas
Estatad	Jalisco	Red Guardianes de Semillas de Jalisco
	Campeche	Colectivo de Semillas Much' Kanan I'inaj
	Ciudad de México	Canasta de semillas
	Estado de México	Limbo Semillas (Proyecto Limbo)
	Estado de México	Semillas Colibrí
	Veracruz	Red custodios de semillas de Veracruz
	Guanajuato	Somos semillas- Biblioteca de semillas Miguel Allende
	Península Maya	Misioneros AC
		Red Mayense de Guardianes y guardianes de Semillas
	Quintana Roo	Raíz de Fondo AC
	Tlaxcala	Grupo Vicente Guerrero
	Puebla	Unidad Indígena Totonaca Náhuatl- UNITONA
	Veracruz	INDRA- Red Educativa para la conservación de semillas nativas

Yucatán	Guardianes de las Semillas Káa nán iinájóob
Yucatán	Ka' Kuxtal Munch'Meyaj

**Fuente:** Hermann et al., (2009); Semillas de Vida, (2019); Vía Orgánica, (2017)

Las asociaciones del SIS convergen en el desarrollo de tres principales acciones: las campañas nacionales o estatales a la protección de semillas nativas, las ferias de semillas y los bancos comunitarios de semillas. Las campañas para la protección y conservación de las semillas tienen como objetivo visibilizar las problemáticas que enfrentan quienes usan y conservan las semillas nativas, estas campañas dan visibilidad, ponen en la agenda nacional el debate y la presión hacia políticas y acciones para revertir estos problemas. El caso más visible es la campaña nacional *sin maíz no hay país*, la cual reúnen varias de las principales organizaciones campesinas del país (Campaña Nacional Sin maíz no hay país, 2019).

Las ferias de semillas/ferias de agrobiodiversidad/ fiestas de semillas son espacios que se desarrollan principalmente a nivel municipal y estatal, aunque ya se han desarrollado versiones a nivel nacional. Tienen como objetivo el intercambio de semillas, conocimientos, prácticas, así como conservar y afianzar la identidad de las comunidades sobre sus sistemas agrícolas y alimentarios (Álvarez et al., 2011; Semillas de Vida, 2019; Tzec, 2015).

La tercera acción son los Bancos Comunitarios de semillas, son estrategias a nivel local donde los agricultores crean espacios físicos para conservar las semillas (frijol, calabaza, maíz principalmente) en óptimas condiciones para los siguientes ciclos de siembra. En México se desarrolló una Red de Bancos Comunitarios de semillas, como parte de las estrategias implementadas en por el Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos. Estas iniciativas son estrategias fundamentales para la conservación de especies subutilizadas y para hacer frente al cambio y eventos climáticos extremos (Aragón & De la Torre, 2015).

## Discusión

### Desnacionalización y privatización del Sistema formal de Semillas

Desde la desarticulación de la PRONASE y la promulgación de la Ley de Semillas de 1991, el estado mexicano pierde un eslabón determinante para el desarrollo del sector de semillas público. En la actualidad, aunque hay desarrollo público de variedades mejoradas como es el caso del INIFAP, Colegio de Postgraduados y la Universidad Autónoma Chapingo, las instituciones académicas no tienen capacidad financiera e institucional de producción y comercialización. No existe un eslabón entre el desarrollo de semillas mejoradas y la producción y transferencia de tecnología. En contraste, las

grandes empresas semilleras (nacionales e internacionales) han desarrollado todo un esquema de investigación, producción y comercialización de semillas en el país (Aboites & Martínez, 2005).

Desde la promulgación de la primera ley de semillas el estado a través del SNICS se ha convertido en un mediador del sector asumiendo el rol de certificación e inspección de variedades y semillas, además es un actor central en la creación e implementación de instrumentos para el desarrollo de las leyes de semillas del país. Esta mediación ha dado como resultado un sistema formal con actores del sector público y privado cohesionados y con roles específicos dentro de la cadena de investigación, producción, certificación y comercialización.

### **Proceso de cohesión del sector informal de semillas y un marco legal incipiente**

Las estrategias que desarrolla el SIS han permitido crear espacios regionales y nacionales para la conservación de semillas y la difusión de problemas comunes del sector. La Ley sobre el Fomento al Maíz Nativo es producto de esa cohesión, esta ley marca un hito en la historia de México, al convertirse en la primera Ley Nacional que visibiliza a los productores como sujetos de derechos y reivindica su aporte a los sistemas de semillas nacionales y la seguridad alimentaria del país.

La actual Política Nacional de Semillas y el Programa Nacional de Semillas, aunque se enfocan principalmente en el sistema formal de semillas, contemplan sinergias con el sector informal, como la producción regional de semillas nativas de acuerdo con las características ambientales y sociales de cada lugar.

### **Propuestas para superar las disyuntivas del sistema de semillas en México**

Aunque históricamente los sistemas de semillas en México han desarrollado sus visiones desde el antagonismo, el país requiere de un sistema cohesionado que responda a las necesidades de producción y que a su vez proteja a través de la investigación, el financiamiento y el otorgamiento de derechos a las semillas nativas. A nivel mundial se han documentado las ventajas que representa esta cohesión, como el potencial de distribución a escalas geográficas amplias de variedades desarrolladas por instituciones públicas (Sperling et al., 2013), la conservación de la agrobiodiversidad local (Hoogendoorn et al., 2016), la creación de políticas públicas de semillas (Munyi & De Jonge, 2015) la creación de negocios y empleos locales de semillas (FAO, 2018; Thijssen et al., 2015; Vernooij et al., 2015) y la creación de estrategias robustas para hacer frente al cambio climático (GIZ, 2014).

Para superar estas disyuntivas se proponen retomar las siguientes estrategias:

Crear y consolidar pequeñas empresas de semillas locales: retomando las ideas de Luna et al., (2012) se propone crear o reactivar las empresas locales cuyo objetivo se centre en reproducir y distribuir las semillas que las instituciones nacionales (INIFAP, Universidades y centros de investigación) han mejorado con base en las semillas nativas del país. Esta estrategia tiene varias ventajas, por un lado, fortalece los sistemas locales y regionales de semillas, y su vez se haría efectiva la transferencia tecnológica nacional. Según la FAO estos emprendimientos de semillas abren la posibilidad de crean sinergias entre el sector formal e informal porque mejoran el acceso de semillas a las comunidades (FAO, 2011a, 2018).

Fortalecer los bancos comunitarios de semillas: existen experiencias exitosas alrededor del mundo donde los BCS se convierten en parte de los sistemas formales de semillas, de esta forma se consolidan funciones como conservación, disponibilidad de semillas para las épocas de siembra y la soberanía de semillas (Vernooy et al., 2018). Los bancos comunitarios pueden convertirse en un eslabón que permita desarrollar sinergias entre el sistema formal e informal de semillas. En Costa Rica existe un ejemplo de este tipo de cohesión, los bancos comunitarios de semillas (principalmente de frijol) están bien estructurados y tienen la capacidad de ser proveedores confiables de semillas de calidad. Existen experiencias en el sistema legal y político como el caso de Brasil y Nepal donde los BCS se han incorporado dentro de las directrices de Leyes de semillas a nivel nacional (Vernooy et al., 2015).

La tercera propuesta es la promoción de marcos políticos para otras especies de importancia nacional, ya que como se muestra en esta investigación el marco legal estatal y las acciones del SIS han estado centradas en el maíz.

## **Conclusiones**

Los sistemas formal e informal de semillas en México se han desarrollado de manera paralela, bajo lógicas antagonistas de producción, comercialización y acceso. El sistema formal se ha fortalecido gracias a un marco legal que se construye y actualiza con base en los tratados y acuerdos internacionales y el sistema informal de semillas evoluciona como estrategia de supervivencia ante las transformaciones del sector agrícola y social.

Los actores del sistema formal de semillas tienen un esquema de cohesión y diálogo permanente, están bien establecidos los roles de investigación, producción, certificación y comercio. Los actores del sistema informal de semillas están principalmente representados como productores que conservan, almacenan y usan

sus propias semillas en cada ciclo agrícola. Sin embargo, actualmente hay colectivos municipales, estatales y recientemente nacionales que se enfocan en intercambiar semillas, conocimientos, prácticas. Estos colectivos además tienen una visión política y buscan poner en la agenda pública las problemáticas que afronta el sector.

Como estrategias para la cohesión de un sistema de semillas integrado, se propone la creación de pequeñas y medianas empresas de semillas con nichos de mercado específicos y que produzcan y comercialicen variedades de uso público desarrolladas por instituciones de investigación nacional e internacional; la consolidación de bancos comunitarios de semillas; y el desarrollo de marcos legalmente vinculantes que protejan los derechos de los agricultores del sistema formal e informal de semillas.

## Literatura citada

- Aboites, G., & Martínez, F. (2005). La propiedad intelectual de variedades vegetales en México. *Agrociencia*, 39, 237–245.  
<https://www.redalyc.org/pdf/302/30239212.pdf>
- Almekinders, C. (2001). *Management of Crop Genetic Diversity at Community Level*. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.619.61&rep=rep1&type=pdf>
- Álvarez, E., Carreón, A., & San Vicente, A. (Eds.). (2011). *Haciendo la milpa. La protección de las semillas y la agricultura campesina*. Universidad Nacional Autónoma de México.  
[https://www.researchgate.net/publication/265728764\\_Haciendo\\_milpa\\_La\\_proteccion\\_de\\_las\\_semillas\\_y\\_la\\_agricultura\\_campesina](https://www.researchgate.net/publication/265728764_Haciendo_milpa_La_proteccion_de_las_semillas_y_la_agricultura_campesina)
- Aragón, F., & De la Torre, F. (2015). Conservación de las especies subvaloradas como recursos genéticos agrícolas. *Revista Digital Universitaria*, 16(5).  
<http://www.revista.unam.mx/vol.16/num5/art37/index.html>
- Barbosa, J., Barbosa, J., & Rodríguez, M. (2013). Revisión y análisis documental para estado del arte: Una propuesta metodológica desde el contexto de la sistematización de experiencias educativas. *Bibliotecológica*, 27(61).  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-358X2013000300005&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-358X2013000300005&script=sci_abstract)
- Becerra, M. (1998). La ley mexicana de variedades vegetales. En *Liber ad honorem Sergio García Ramírez*. Universidad Nacional Autónoma de México.  
<https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/1/116/11.pdf>
- Calle, W., Conde, C., & Baena, M. (2015). Análisis de los sistemas de semillas en países de América Latina. *Acta Agronómica*, 64(3), 239–245.  
<https://doi.org/10.15446/acaq.v64n3.43985>
- Campaña Nacional Sin maíz no hay país. (2019). *Etapas de la Campaña Nacional sin Maíz no hay país*. <http://sinmaiznohaypais.org/>

- Cantero, D. S. M. (2014). Teoría Fundamentada y Atlas ti. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 16, 19. <https://atlasti.com/wp-content/uploads/2014/05/San-Martin-2014.pdf>
- CEDRSSA. (2015). *Las semillas de México* (p. 29). [http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/93Las semillas en M%C3%A9xico - agosto 2015.pdf](http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/93Las_semillas_en_M%C3%A9xico_-_agosto_2015.pdf)
- Congreso del Estado de Michoacán. (2011). *Ley de fomento y protección del maíz criollo como patrimonio alimentario del estado de Michoacán*. <http://congresomich.gob.mx/file/Ley-de-Fomento-y-Protecci%C3%B3n-del-Ma%C3%ADz-Criollo-Como-Patrimonio-Alimentario-del-Estado-de-Michoac%C3%A1n-de-Ocampo..pdf>
- Congreso del Estado de Morelos. (2014). *Ley de Protección y Conservación del Maíz Criollo en su estado genético para el Estado de Morelos*. <http://marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/leyes/pdf/LMAIZCRIOEM.pdf>
- Congreso del Estado de Tlaxcala. (2011). *Ley de Fomento y Protección al Maíz como Patrimonio Originario en Diversificación Constante y Alimentario para el Estado de Tlaxcala*. <http://contraloria.tlaxcala.gob.mx/pdf/normateca/Ley%20de%20Fomento%20y%20Protecci%C3%B3n%20al%20Ma%C3%ADz%20como%20Patrimonio%20Originario%20en%20Diversificaci%C3%B3n%20Constante%20y%20Alimentario%20para%20el%20Estado%20de%20Tlaxcala.pdf>
- De Boef, W., Dempewolf, H., Byakweli, J.-M., & Engels, J. (2010). Integrating Genetic Resource Conservation and Sustainable Development into Strategies to Increase the Robustness of Seed Systems. *Journal of Sustainable Agriculture*, 34, 504–531. <https://doi.org/10.1080/10440046.2010.484689>
- De Ita, A., & López, P. (2012). *Semillas: Marco legislativo y programas en México*. Centro de Estudios para el cambio en el Campo Mexicano. <http://ceccam.org/sites/default/files/Folleto%20Semillas%204a%20op.pdf>
- DOF. (1961). *Ley sobre la producción, certificación y comercio de semillas* (Secretaría de Agricultura y Ganadería,
- DOF. (1991). *Ley Sobre Producción Certificación y Comercio De Semillas*. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4731703&fecha=15/07/1991](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4731703&fecha=15/07/1991)
- DOF. (1996). *Ley Federal de Variedades Vegetales*. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4903746&fecha=25/10/1996#:~:text=%2D%20La%20presente%20ley%20tiene%20por,Agricultura%2C%20Ganader%C3%ADa%20y%20Desarrollo%20Rural](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4903746&fecha=25/10/1996#:~:text=%2D%20La%20presente%20ley%20tiene%20por,Agricultura%2C%20Ganader%C3%ADa%20y%20Desarrollo%20Rural).
- DOF. (2014). *Decreto Promulgatorio del Protocolo de Nagoya sobre Acceso a los Recursos Genéticos y Participación Justa y Equitativa en los Beneficios que se Deriven de su Utilización al Convenio sobre la Diversidad Biológica, adoptado en Nagoya el veintinueve de octubre de dos mil diez*. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5363605&fecha=10/10/2014](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5363605&fecha=10/10/2014)
- DOF. (2016). *Acuerdo por el que se constituye el Sistema Nacional de Semillas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5446232&fecha=29/07/2016](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5446232&fecha=29/07/2016)
- DOF. (2020a). *Programa Nacional de Semillas 2020-2024*. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5608920&fecha=28/12/2020](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5608920&fecha=28/12/2020)

- DOF. (2020b). *Ley Federal para el Fomento y Protección del Maíz Nativo*. [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5591534&fecha=13/04/2020#:~:text=%22EL%20CONGRESO%20GENERAL%20DE%20LOS,Art%C3%ADculo%20%C3%9Anico.&text=Se%20reconoce%20a%20la%20producci%C3%B3n,Nativo%2C%20como%20manifestaci%C3%B3n%20cultural%20nacional](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5591534&fecha=13/04/2020#:~:text=%22EL%20CONGRESO%20GENERAL%20DE%20LOS,Art%C3%ADculo%20%C3%9Anico.&text=Se%20reconoce%20a%20la%20producci%C3%B3n,Nativo%2C%20como%20manifestaci%C3%B3n%20cultural%20nacional) .
- Domínguez, I. A., Reyes Altamirano-Cárdenas, J., Barrientos-Priego, A. F., Ayala-Garay, A. V., Domínguez-García, I. A., Reyes Altamirano-Cárdenas, J., Barrientos-Priego, A. F., & Ayala-Garay, A. V. (2019). Análisis del sistema de producción y certificación de semillas de México. *Revista fitotecnia mexicana*, 42(4), 347–356. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0187-73802019000400347&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-73802019000400347&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Espinosa, C., Turrent, A., & Tadeo, M. (2012). *Recursos fitogenéticos, patrimonio biocultural, semillas y seguridad alimentaria*. In: Políticas agropecuarias, forestales y pesqueras. Calva, J. L.(Coord.). Análisis estratégico para el desarrollo. Consejo Nacional de Universitarios
- FAO. (2011a). *Promoción del Crecimiento y Desarrollo de Empresas de Semillas de Pequeños Agricultores en Cultivos para la Seguridad Alimentaria*. FAO. <http://www.fao.org/3/i1839s/i1839s00.pdf>
- FAO. (2011b). *Strengthening seed systems: Gap analysis of the seed sector*. FAO. <http://www.fao.org/3/am646e/am646e.pdf>
- FAO. (2015). *La guía voluntaria para la formulación de políticas nacionales de semillas*. FAO. <http://www.fao.org/3/a-i4916s.pdf>
- FAO. (2018). *Seeds toolkit Module 1:Development of small-scale seed enterprises*. The Food and Agriculture Organization of the United Nations and Africa Seeds. <http://www.fao.org/3/ca1490en/CA1490EN.pdf>
- García, A., & Toscana, A. (2017). Presencia de maíz transgénico en la Sierra Norte de Oaxaca. Un estudio desde la mirada de las comunidades. *Sociedad y Ambiente*, 12, 119. <https://doi.org/10.31840/sya.v0i12.1744>
- Gill, T. B., Bates, R., Bicksler, A., Burnette, R., Ricciardi, V., & Yoder, L. (2013). Strengthening informal seed systems to enhance food security in Southeast Asia. *Journal of Agriculture, Food Systems and Community Development*, 3(3), 139–153. <http://dx.doi.org/10.5304/jafscd.2013.033.005>
- GIZ. (2014). *Farmers' Seed Systems. The challenge of linking formal and informal seed systems* (p. 18). Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) [https://wocatpedia.net/images/0/0d/Farmers%27\\_Seed\\_Systems\\_GIZ\\_2015.pdf](https://wocatpedia.net/images/0/0d/Farmers%27_Seed_Systems_GIZ_2015.pdf)
- Hermann, M., Amaya, K., Latournerie, L., & Castiñeiras, L. (Eds.). (2009). *¿Cómo conservan los agricultores sus semillas en el trópico húmedo de Cuba, México y Perú? Experiencias de un proyecto de investigación en sistemas informales de semillas de Chile, frijoles y maíz*. Bioversity International. <https://www.bioversityinternational.org/e-library/publications/detail/como-conservan-los-agricultores-sus-semillas-en-el-tropico-humedo-de-cuba-mexico-y-peru-experienc/>
- Hlatshwayo, S., Modi, A., Hlahla, S., Ngidi, M., & Mabhaudhi, T. (2021). Usefulness

- of seed systems for reviving smallholder agriculture: A South African perspective. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 21, 17581–17603. <https://doi.org/10.18697/ajfand.97.19480>
- Hoogendoorn, J., Gildemacher, P., Heemskerk, W., & Thijssen, M. (2016). Integrated Seed Sector Development (ISSD)-How Informal and Formal Seed Systems Can Work Together for the Conservation and Use of Agricultural Biodiversity. *Indian Journal of Plant Genetic Resources*, 29, 281. <https://doi.org/10.5958/0976-1926.2016.00046.2>
- INEGI. (2017). *Encuesta Nacional Agropecuaria*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2017/>
- Louwaars, N., & de Boef, W. (2012). Integrated Seed Sector Development in Africa: A Conceptual Framework for Creating Coherence Between Practices, Programs, and Policies. *Journal of Crop Improvement*, 26, 39–59. <https://doi.org/10.1080/15427528.2011.611277>
- Luna, B., Hinojosa, M., Ayala, O., Castillo, F., & Mejía, A. (2012). Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(1), 1–7. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802012000100003&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802012000100003&lng=es&nrm=iso)
- McGuire, S., & Sperling, L. (2016). Seed systems smallholder farmers use. *Food Security*, 8(1), 179–195. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0528-8>
- Munyi, P., & De Jonge, B. (2015). Seed Systems Support in Kenya: Consideration for an Integrated Seed Sector Development Approach. *Journal of Sustainable Development*, 8. <https://doi.org/10.5539/jsd.v8n2p161>
- Ortega, M., Zizumbo, L., Monterroso, N., & Hernández, O. (2018). Leyes de semillas y maíz transgénico. Análisis desde la co-producción entre ciencia y regímenes económico-políticos en México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 15(3), 413–442. <http://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v15n3/1870-5472-asd-15-03-413.pdf>
- Paulus, T. M., & Lester, J. N. (2016). ATLAS.ti for conversation and discourse analysis studies. *International Journal of Social Research Methodology*, 19(4), 405–428. <https://doi.org/10.1080/13645579.2015.1021949>
- Quist, D., & Chapela, I. H. (2001). Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. *Nature*, 414(6863), 541–543. <https://doi.org/10.1038/35107068>
- Schöley, M., & Padmanabhan, M. (2017). Formal and informal relations to rice seed systems in Kerala, India: Agrobiodiversity as a gendered social-ecological artifact. *Agriculture and Human Values*, 34(4), 969–982. <https://doi.org/10.1007/s10460-016-9759-3>
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2011). *Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización al convenio de la diversidad biológica*. Naciones Unidas. <https://www.cbd.int/abs/doc/protocol/nagoya-protocol-es.pdf>
- Semillas de Vida. (2019). *Ferias de semillas en México*. <https://www.semillasdevida.org.mx/index.php/proteccion-de-semillas-2>
- SNICS. (2021). *Gaceta Derechos de Obtentor en línea*.

- <https://datastudio.google.com/u/0/reporting/1V8u-ihAQjcXW76CQQSgcvJIGRAaP-5Lz?s=ushQvYcyBDE>
- SNICS, & SADER. (2020). *Política nacional de semillas*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/631358/Politica\\_Nacional\\_Semillas.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/631358/Politica_Nacional_Semillas.pdf)
- Sperling, L., Boettiger, S., & Barker, I. (2013). *Integrated Seed Systems*. 32. [https://www.researchgate.net/publication/259459604\\_Integrated\\_Seed\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/259459604_Integrated_Seed_Systems)
- Thijssen, M. H., Borman, G. D., Verhoosel, K. S., Mastenbroek, A., & Heemskerk, W. (2015). *Local Seed Business in the Context of Integrated Seed Sector Development* (C. O. Ojiewo, S. Kugbei, Z. Bishaw, & J. C. Rubyogo, Eds.; pp. 39–45). FAO. <https://edepot.wur.nl/408137>
- T-MEC. (2019). *Textos finales del Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC)*. <https://www.gob.mx/t-mec>
- Tzec, N. (2015). *Sistematización de la experiencia de las Fiestas de Semillas Nativas e identificación de los impactos generados en el uso de las variedades de semillas de maíz en la Región de los Chenes, Municipio de Hopelchén, Campeche, México* [Maestría, CATIE]. <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/8174>
- UPOV. (2019). *PVP Datos y estadísticas*. <https://www.upov.int/upovlex/es/profile.jsp?code=MX>
- Vernooy, R., Shrestha, P., & Sthapit, B. (2015). *Community seed banks: Origins, evolution, and prospects*. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/68708>
- Vernooy, R., Sthapit, B., & Bessette, G. (2018). *Bancos comunitarios de semillas: Concepto y práctica—Manual para el facilitador*. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/96304>
- Vía Orgánica. (2017). *Encuentro mexicano de guardianes de semillas. Apuntes, notas y memorias*. <http://somossemilla.org/wp-content/uploads/2017/06/MEMORIAS-EMGS2017.pdf>

# CAPÍTULO IV. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN EL SISTEMA AGROALIMENTARIO DE MÉXICO

## Resumen

La agrobiodiversidad es uno de los principales pilares de la agricultura en México, por lo que su conservación es una prioridad para la sostenibilidad y resiliencia del sistema agroalimentario. El objetivo de esta investigación fue analizar el estado de la agrobiodiversidad en el sistema agrícola, alimentario y de conservación de recursos genéticos. Metodológicamente se adaptó e implementó el Índice de Agrobiodiversidad, se implementaron 10 indicadores y 16 variables, enfocados en la medición de la diversidad de especies, diversidad varietal, especies subutilizadas y complejidad del paisaje. El Índice Estado de Agrobiodiversidad para México fue moderado (56./100), el puntaje para el sistema alimentario fue alto (66.6/100), el sistema agrícola presentó puntajes altos (63.1/100) y el sistema de conservación presentó puntajes bajos (38.4/100). Los resultados muestran que a pesar de que el país cuenta con una alta diversidad de especies animales y vegetales que sirven como fuente de alimentación, estas opciones se encuentran subutilizadas en el sistema alimentario. El sistema de conservación se ha enfocado en especies de plantas comerciales, dejando un vacío en la conservación y uso sostenible de especies silvestres y no comerciales. En el sistema agrícola y de conservación se destaca la necesidad de plataformas con información biológica más específica (niveles intraespecíficos, variedades, razas, cultivares) que permita la estimación más precisa de la agrobiodiversidad en el país.

**Palabras clave:** agricultura sostenible, biodiversidad agrícola, dietas saludables, diversidad varietal, conservación de recursos genéticos.

## Abstract

Agrobiodiversity is one of the main pillars of agriculture in Mexico, so its conservation is a priority for the sustainability and resilience of the agri-food system. The objective of this research was to analyze the state of agrobiodiversity in the agricultural, food and genetic resources system. Methodologically, the Agrobiodiversity Index was adapted and implemented, 10 indicators and 16 variables were implemented, focused on measuring the diversity of species, varietal diversity, underutilized species, and landscape complexity. The State of Agrobiodiversity Index for Mexico was moderate (56.2/100), the score for the food system was high (66.6/100), the agricultural system presented high scores (63.1/100) and the conservation system presented low scores (38.4). /100). The results show that even though the country has a high diversity of

animal and plant species that serve as a source of food, these options are underutilized in the food system. The conservation system has focused on commercial plant species, leaving a gap in the conservation and sustainable use of wild and non-commercial species. In the agricultural and conservation system, the need for platforms with more specific biological information (intraspecific levels, varieties, races, cultivars) that allows the most precise estimation of the agrobiodiversity in the country is highlighted.

**Keywords:** agricultural biodiversity, genetic resources conservation, healthy diets, sustainable agriculture, varietal biodiversity

## Introducción

Las múltiples funciones de la agrobiodiversidad se han convertido en un eje imprescindible para la sostenibilidad de los sistemas agrícolas y alimentarios a nivel local, regional y global (Allen et al., 2014; FAO, 2019b; Frison et al., 2011; González-Chang et al., 2020; Ulian et al., 2020; Wood et al., 2015; Zimmerer & Haan, 2017), además aportan al sustento de los medios de vida de gran parte de la población mundial (Bioversity International, 2017; Hunter et al., 2020; Jacobsen et al., 2015). Sin embargo, el potencial de la agrobiodiversidad es subutilizado en el sistema agroalimentario (Jones et al., 2021) y la evidencia muestra una tendencia a la uniformidad en el sistema agrícola que se refleja en la homogenización de los patrones alimentarios mundiales (Belardo, 2018; Khoury et al., 2014).

La agrobiodiversidad enfrenta múltiples amenazas y presiones que inciden directamente en la pérdida de resiliencia de los sistemas agrícolas (FAO, 2019b; IPES-Food, 2016). La erosión genética de cultivos ha aumentado (Chaudhary et al., 2020; Khoury et al., 2021), los parientes silvestres asociados a cultivos y recursos zoogenéticos enfrentan amenazas e insuficientes estrategias de conservación (Castañeda-Álvarez et al., 2016; Meilleur & Hodgkin, 2004; Vincent et al., 2019), así mismo existe una disminución y pérdida de polinizadores (Cardoso et al., 2020; Lippert et al., 2021), a esto se suma que no se han incorporado estrategias eficientes para su uso sostenible y conservación en programas y políticas (Juventia et al., 2020; Villanueva et al., 2017).

En México, la agrobiodiversidad es un pilar importante del patrimonio biocultural (Luque et al., 2020; Toledo et al., 2019), es la base del sistema agroalimentario y de la riqueza gastronómica del país (FAO, 2019a). Esto se debe entre otras cosas a que México es uno de los centros de origen, domesticación y diversificación de especies de importancia agrícola mundial (CONABIO, 2009; Doebley et al., 2006). También se caracteriza por el alto número de endemismos y parientes silvestres asociadas a la agricultura que tienen el potencial de mejorar la resiliencia de sector agrícola ante un

contexto social y ambiental cambiante (Contreras et al., 2018; De La Torre et al., 2018; Goettsch et al., 2021).

A pesar de esta gran agrobiodiversidad y a que el sector agrícola ofrece múltiples opciones saludables de alimentación, el país tiene una doble carga de malnutrición: el 59.1% de los hogares presentan algún grado de inseguridad alimentaria (Instituto Nacional de Salud Pública, 2021), al mismo tiempo el país atraviesa por una epidemia de obesidad y sobrepeso que afecta profundamente la salud de los mexicanos y que tiene repercusiones negativas en el sistema económico nacional (OECD, 2019).

En el sector agroalimentario mexicano se han implementado múltiples proyectos, programas y políticas con el objetivo de sistematizar, analizar, comprender, conservar y usar de manera sostenible la agrobiodiversidad del país (Molina & Córdova, 2006; SNICS, 2020). Sin embargo, muchos de los resultados se enfocan únicamente en los recursos fitogenéticos y en especies comerciales. No existe en el país una investigación que mida la agrobiodiversidad desde múltiples dimensiones y a nivel nacional.

Con la creación del Índice de Agrobiodiversidad (IAB), se suple esta carencia y se crea una herramienta que les permite a los países obtener evidencia científica sólida para la toma de decisiones apropiadas sobre el uso y conservación de la agrobiodiversidad en el sistema alimentario, agrícola y de conservación (Bioversity International, 2018, 2019). La evidencia suministrada por el IAB también tiene el potencial para aportar información para el cumplimiento de agendas globales relacionadas con la agrobiodiversidad como el Convenio de Diversidad Biológica y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

En este contexto, el objetivo de esta investigación fue analizar el estado de la agrobiodiversidad en el sistema agrícola, alimentario y de recursos genéticos en México, este estudio brinda respuestas a dos preguntas principales: ¿cuál es el estado actual de la agrobiodiversidad en el sistema alimentario, agrícola y de conservación? y ¿cuáles son los principales vacíos de información para determinar el estado de agrobiodiversidad en el país?

## **Metodología**

Esta investigación se desarrolló con base en el Índice de Agrobiodiversidad Vol 1, metodología creada por Bioversity International y la posterior actualización realizada por Jones et al., (2021). El objetivo principal del IAB es medir de forma holística la agrobiodiversidad a nivel país (Bioversity International, 2018). Este índice se enfoca en medir tres aspectos de la agrobiodiversidad: compromisos, acciones y estado en tres sistemas: alimentario, agrícola y de conservación (Bioversity International, 2018).

Esta investigación se centra en medir el estado, específicamente la agrobiodiversidad actual en términos de especies, variedades, complejidad del paisaje, especies subutilizadas y diversidad funcional en los sistemas mencionados.

En el Cuadro 1 se presentan los indicadores y las variables seleccionadas (para más información consultar el material suplementario de la investigación realizada por Jones et al.,(2021). Aunque la metodología propone un conjunto de fuentes de información y análisis, estas fueron revisadas para cada variable teniendo en cuenta la cantidad, actualidad y calidad de los datos.

**Cuadro 1.** Indicadores y variables para medir el estado de la agrobiodiversidad

Sistema	Indicador	Variables	Medición de variables y umbrales (min-max)	Fuentes de información
Alimentario	Diversidad de especies en el sistema alimentario	Diversidad de alimentos en dietas	Índice de diversidad de Shannon (1.92 - 3.26)	Food Balance Sheet, datos de 2019, (FAO, 2022b) ****
	Diversidad funcional en el sistema alimentario	Años de vida evitados ajustados por discapacidad relacionada con las dietas (AVAD)	AVAD (-19.209- 0)***	Afshin et al., (2019)
	Especies subutilizadas	Porcentaje de energía de fuentes distintas de los cereales y almidones	(0% - 60%)	Food security indicators (datos de 2016-2018) **** (FAO, 2021)
Agrícola	Diversidad varietal	Diversidad de razas de ganado	Índice de diversidad de Shannon (0 -3.08)	Domestic Animal Diversity Information System (FAO, 2022a) ****
	Diversidad de especies en el sistema agrícola	Diversidad de especies de cultivos	Índice de diversidad de Shannon (área de cultivo cosechada) (0- 2.35)	Año agrícola 2020, (SIAP, 2020)*
		Riqueza de especies del sector pesquero*****	Conteo (0-396)	SIAP, (2020) * Año agrícola 2020
		Tierras agrícolas diversificadas	Porcentaje de tierras de cultivo con >= 22 de cultivos (0-100)	International Food Policy Research Institute, (2019)
		Diversidad de especies de ganado en el sistema productivo	Índice de diversidad de Shannon (0-3.08)	Robinson et al., (2014) Datos de 2010

		Riqueza de especies cultivadas	Conteo (0 -256)	Año agrícola 2020 (SIAP, 2020)*
	Biodiversidad del suelo	Índice de potencial de diversidad del suelo	Índice de biodiversidad del suelo (0.11-1.35)	European Soil Data Center, (2016)
	Complejidad del paisaje	% de tierra agrícola con más del 10% de vegetación natural	(0% - 100%)	<i>Adaptado de</i> ESA, (2021). Land Cover Map 2015
Conservación	Diversidad varietal en el sistema de recursos genéticos	Diversidad varietal en bancos de genes (bancos de semillas y colecciones de campo) **	Índice de diversidad de Shannon (0 - 5.68)	Genesys, (2021) Bangermex, (2022)
	Diversidad de especies	Diversidad de especies de parientes silvestres de cultivos**	Índice de diversidad de Shannon (0 - 6.44)	CIAT, (2018), Contreras et al., (2018) Sistema Nacional de Información Biológica (Géneros <i>physalis</i> y <i>amaranthus</i> )
		Diversidad de especies en accesiones en bancos de genes (bancos de semillas y colecciones de campo) **	Índice de diversidad de Shannon (0-6.26)	Genesys, (2021) Bangermex, (2022) CICY, (2020) CONABIO, (2013) <b>Datos obtenidos por solicitud formal:</b> <i>Base de datos de semillas ortodoxas del Centro Nacional de Recursos Genéticos y otros bancos de semillas del INIFAP</i>
	Especies subutilizadas	Representatividad de la conservación <i>in situ</i>	Nivel de representatividad de la conservación <i>in situ</i> (0 -100)	CIAT, (2022)
		Representatividad de la conservación <i>ex situ</i>	Nivel de representatividad de la conservación <i>ex situ</i> (0-100)	CIAT, (2022)

\* Fuentes de información reemplazadas de la metodología original\*\* Fuentes de datos fusionados  
 \*\*\*Datos negativos, \*\*\*\* Bases de datos actualizados respecto a la metodología original \*\*\*\*\* Variable reemplazada de la metodología

**Fuente:** Adaptado de Jones et al., (2021)

De las 16 variables que se usaron en la metodología original, en esta investigación se modificaron diez bajo diversos esquemas (ver cuadro 1): en tres se actualizaron los datos, en tres se reemplazó totalmente la fuente de información; en tres se fusionaron

y complementaron los datos respecto a la fuente de información de la metodología original; y la variable “Riqueza de especies de agua dulce por principales cuentas”, se reemplazó por “Diversidad de especies en el sistema pesquero” considerando que mide de forma más adecuada la agrobiodiversidad relacionada con el sistema pesquero, ya que se enfoca en la producción (especies) de agua dulce y salada.

Así mismo, se cambiaron los umbrales de las variables, “diversidad de especies de cultivos en la producción”, originalmente tenía un límite de 0 a 2.35 y se cambió de 0 a 2.79; y la “riqueza de especies en el sistema agrícola” de 0-123 a 0-256, los cambios se debieron a que México rebasada el límite superior.

La medición del IAB se basó en tres pasos: 1) obtención de las variables en “bruto”; 2) normalización de cada variable a partir de los umbrales sugeridos en la metodología en una escala de 0-100; y 3) y la obtención de promedios ponderados para calcular los indicadores, los sistemas (alimentarios, agrícolas y de conservación) y finalmente el estado. Se usó la metodología del promedio de la suma ponderada basada en el Análisis de Criterios Múltiples (Boggia et al., 2018), con esta técnica se obtienen varias ventajas: es posible hacer comparable múltiples tipos de datos, todas las variables e indicadores tienen el mismo peso de importancia, son fáciles de interpretar por un público no experto, y se pueden enfocar los resultados en la toma de decisiones.

Se usaron las siguientes ecuaciones:

$$\text{Estandarización de las variables} = \frac{X - \min(X)}{\max(X) - \min(X)} \times 100$$

X= valor bruto del subindicador; min (X) y max (X) son los umbrales establecidos para cada subindicador.

$$\text{Puntaje de indicadores} = \frac{\sum m(i) S}{\text{Número de mediciones en } i}$$

S= puntaje estandarizado de la medición; m = medición (variable); i = indicador

$$\text{Índice del Estado de Agrobiodiversidad (IEA)} = \frac{\sum Es(s) S}{\text{Número de sistemas medidos}}$$

Es= estado; s= sistema; S= puntaje del sistema

Las puntuaciones para el índice, los indicadores y las variables se dividieron en muy bajas (0-20), bajas (21-40), moderadas (41-60), altas (61-80) y muy altas (81-100).

## Resultados

El índice del Estado de Agrobiodiversidad para México fue moderado (56/100). El sistema alimentario presenta puntajes altos (66.6/100), destacando negativamente la variable “años de vida evitados por discapacidad relacionados con dietas”, el sistema agrícola presentó puntajes altos (63.1/100), mientras el sistema de conservación presentó puntajes bajos (38.4/100) (Cuadro 2).

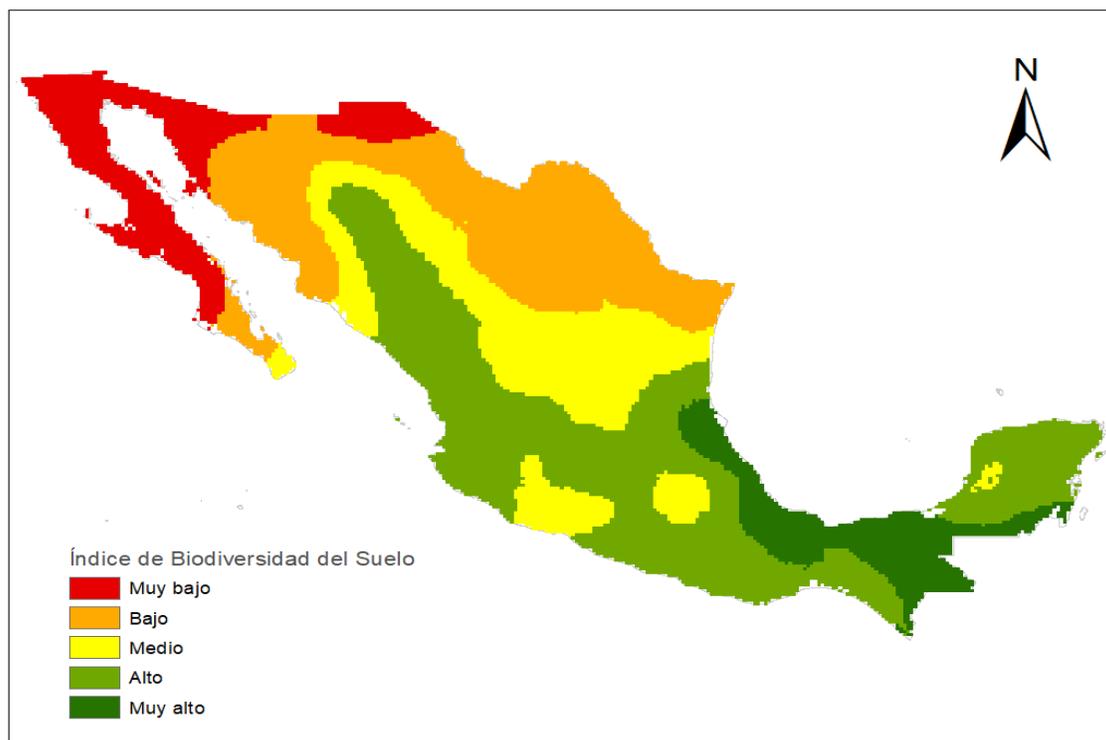
**Cuadro 2.** Resultados de los indicadores y variables del Índice del estado de Agrobiodiversidad

Sistema	Promedio	Indicador	Promedio	Variables	Promedio
Alimentario	66.6	Diversidad de especies en el sistema alimentario	79.7	Diversidad de alimentos en dietas	79.7
		Diversidad funcional en el sistema alimentario	23.7*	Años de vida evitados ajustados por discapacidad relacionada con las dietas	23.7
		Especies subutilizadas	96.6	Energía de fuentes distintas de cereales y almidones	96.6
Agrícola	63.1	Diversidad varietal	86.3	Diversidad de razas de ganado	86.3
		Diversidad de especies en el sistema agrícola	71.1	Porcentaje de tierras agrícolas diversificadas	61
				Diversidad de especies de cultivos en la producción	100
				Riqueza de especies cultivadas en el sistema productivo	100
				Riqueza de especies en el sistema pesquero nacional	100
				Diversidad de especies de ganado en el sistema productivo	42.1
				Biodiversidad del suelo	54
		Complejidad del paisaje	41.1	% de tierra agrícola con más del 10% de vegetación natural	41.1
Conservación	38.4	Diversidad varietal en el sistema de recursos genéticos	18.4	Diversidad varietal en bancos de genes	18.4
				Diversidad de especies de parientes silvestres de cultivos	93.6

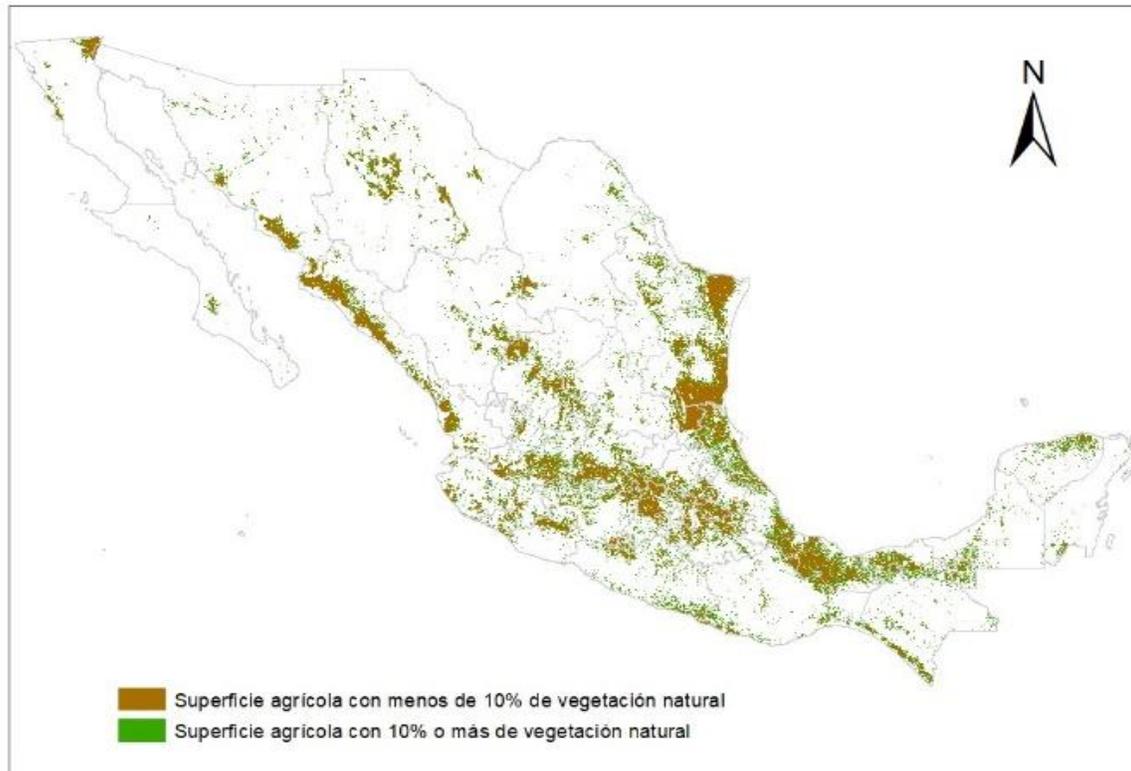
		Diversidad de especies	64.9	Diversidad de especies en accesiones en bancos de genes	36.2
		Especies subutilizadas	32.1	Representatividad de la conservación <i>in situ</i>	62.5
				Representatividad de la conservación <i>ex situ</i>	1.7

**Fuente:** elaboración de los autores

La biodiversidad del suelo se distribuye de manera heterogénea por el territorio nacional, el suroriente presenta los índices más altos (figura 1). Esta distribución coincide con la superficie agrícola con mayor porcentaje de vegetación natural (figura 2).



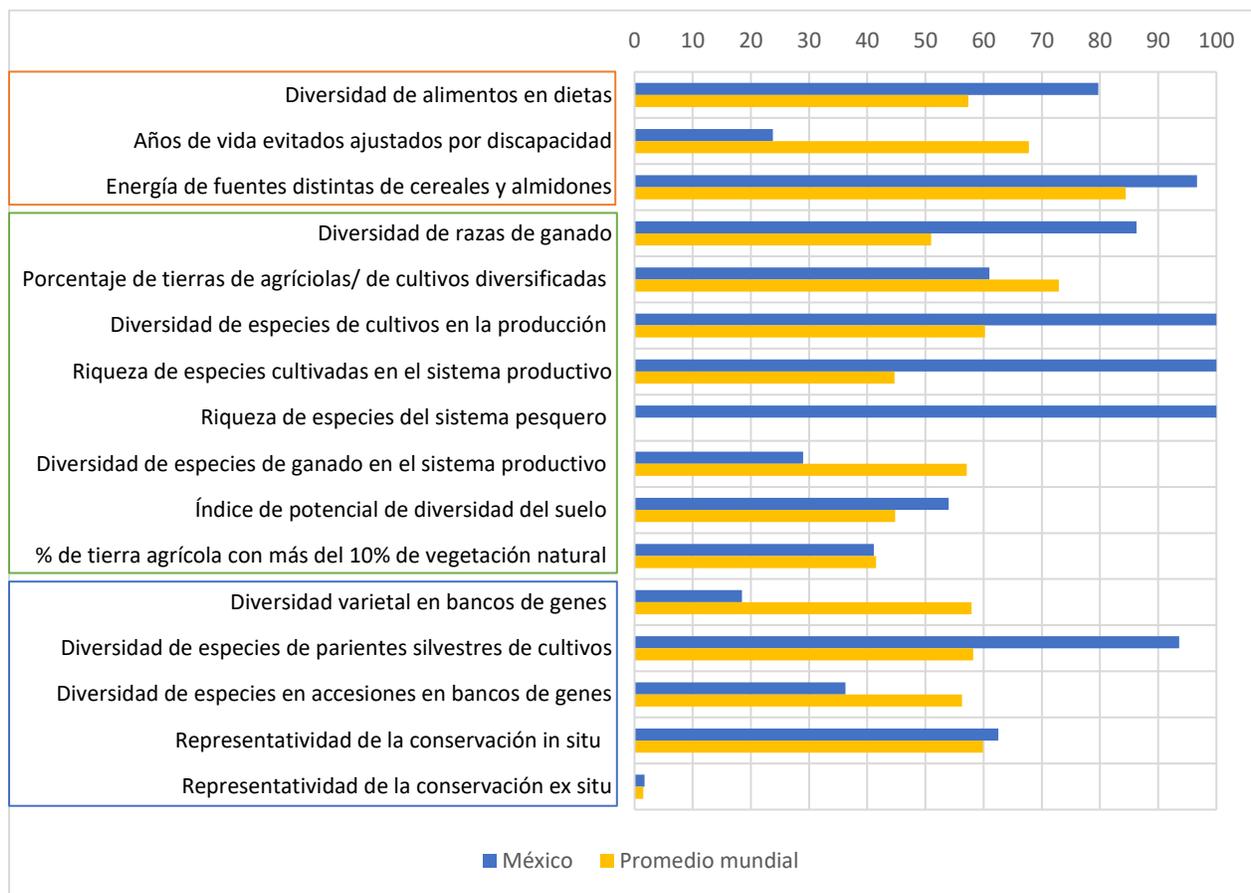
**Figura 1.** Índice de biodiversidad del suelo para México



**Figura 2.** Complejidad del paisaje, basado en el % de vegetación en tierras agrícolas

## Discusión

En la Figura 3 se comparan los resultados de todas las variables para México respecto al promedio mundial, basado en la investigación de Jones et al., (2021). Destacan negativamente para México la diversidad de ganado en el sistema productivo, la diversidad varietal en bancos de genes y los años de vida ajustados por discapacidad relacionados con la dieta. En contraste destacan positivamente la diversidad de especies de parientes silvestres, así como la riqueza y diversidad de cultivos y la riqueza en el sistema pesquero, estas altas cifras coinciden con las variables en las cuales se mejoraron drásticamente la fuentes de información para el análisis.



**Figura 3.** Comparación de los resultados de las variables implementadas en México y el promedio global.

**Fuente:** elaboración de los autores

### Diversidad de opciones alimentarias subutilizadas en el sistema alimentario

Los resultados del IAB en el sistema agrícola y alimentario demuestran dos cosas: 1) el país cuenta con una alta diversidad de opciones alimentarias (especies) que ofrece el sector agrícola, pecuario y pesquero (posiblemente existan más opciones alimentarias locales que no son posibles de medir en este estudio) y 2) estas opciones incluyen alimentos cuya energía proviene de fuentes distintas a los almidones y cereales.

A pesar de esas condiciones favorables para el país, los resultados de este estudio demuestran que la carga de “años de vida evitados ajustados por discapacidad relacionada con dietas”, es alta, más del doble de la media mundial reportada por Jones et al., (2021). La doble carga de malnutrición en el país explica en parte el puntaje tan alto en esta variable. Por un lado, el 22.6% de los hogares padecen

inseguridad alimentaria entre moderada y severa y el 32.9% inseguridad alimentaria leve, en contraste el 36.1% población adulta tiene obesidad (INEGI & Instituto Nacional de Salud Pública, 2019). Los cambios en los patrones alimentarios de la población mexicana han cambiado considerablemente desde la década de los 80, la compra de alimentos sin procesar o con poco proceso han disminuido gradualmente en contraste con la duplicación de compra de alimentos procesados y ultra procesados (Marrón-Ponce et al., 2019; Pérez-Tepayo et al., 2020).

También ha disminuido la ingesta de frutas, vegetales y legumbres (Aburto et al., 2016; Gaona-Pineda et al., 2018; INEGI & Instituto Nacional de Salud Pública, 2019), estas prácticas alimentarias sumadas a baja actividad física y una alta ingesta de sodio proveniente de alimentos industrializados (Niño et al., 2018; Vargas-Meza et al., 2022), han dado como resultado la alta tasa de enfermedades crónicas como diabetes e hipertensión, y fueron precisamente estas enfermedades los principales factores de riesgo de muerte en pacientes con COVID-19 en México (Peña et al., 2021).

Las consecuencias sociales y económicas de una población que no se alimenta correctamente ha sido muy altas en México (Okunogbe et al., 2021; Rtveldze et al., 2014), así mismo se estima que el PIB del país se reducirá un 5.3% al 2050 debido a la pandemia de obesidad (OECD, 2019). Aunque se han implementado acciones para hacer frente a estas problemáticas (Aceves et al., 2020; Basto-Abreu et al., 2020; Cruz-Casarrubias et al., 2021; Ng et al., 2019; Sánchez et al., 2020; White & Barquera, 2020), es urgente promover y provechar la alta diversidad de posibilidades alimenticias y nutricionales que existen en el sistema agrícola, ya que los recursos que brinda este sistema están subutilizados.

### **Un sistema agrícola en deconstrucción y que aporta diversidad de especies al sistema alimentario**

La biodiversidad en el sistema pesquero, agrícola y ganadero en el país es relativamente alta, se demuestra una vez más que las condiciones del país siguen aportando una gran cantidad de especies para el sistema alimentario. Sin embargo, la biodiversidad asociada que soporta el sistema agrícola presenta deficiencias, tal es el caso de la biodiversidad del suelo y la complejidad del paisaje. A esto se suman factores que, aunque no hacen parte del conjunto de agrobiodiversidad tienen el potencial de afectar el sistema agrícola, tal es el caso de la pérdida de fertilidad de los suelos (Cotler et al., 2020), la escases del agua y los efectos del cambio climático (Haro et al., 2021; Hernández-Ochoa et al., 2018; Murray-Tortarolo et al., 2018).

A pesar de las múltiples lógicas con las que opera el sistema agrícola, la diversificación debe ser una prioridad para crear un sistema resiliente ante las amenazas socioculturales y ambientales que se presentan en la actualidad en el sistema agrícola

mexicano. En este sentido es urgente darles prioridad y continuidad a proyectos estratégicos que contribuyen múltiples servicios ecosistémicos y a la resiliencia climática del sistema agrícola a través de la diversificación de los sistemas agrícolas. Tal es el caso de los sistemas agroforestales, la milpa integrada con frutales (MIAF) así como sistemas agrícolas que integren prácticas agroecológicas. A nivel nacional el Programa Sembrando Vida contribuye al cumplimiento de estos múltiples propósitos (DOF, 2019). Así mismo destacan los avances hacia la consolidación del Programa Nacional de Transición Agroecológica que busca disminuir el riesgo ambiental, así como promover los conocimientos asociados a la agricultura de las comunidades indígenas (SEMARNAT, 2022; Toledo & Barrera-Bassols, 2017).

### **Sistema de conservación: necesidad de mejorar los sistemas de información e incluir especies no comerciales**

En cuanto a la variable “diversidad varietal en el sistema de conservación” los resultados son bajos para México, principalmente porque la mayoría de los datos presentes en plataformas como el BANGERMEX solo incluyen información sobre especies y por ello no se incluyeron para la medición de esta variable. Para esta variable únicamente se incluyeron los datos del CIMMYT y el Proyecto Global de Maíces (INIFAP). Eso significa que la diversidad varietal está subestimada por falta de disponibilidad de un grupo más amplio y específico de datos. La diversidad varietal es un eslabón importante dentro de la agrobiodiversidad, ya que es en esta categoría (y otras categorías intraespecíficas) donde se encuentra la diversidad “real de opciones”, agrícolas, gastronómicas y nutricionales. Sin embargo, es justo en este punto donde más vacíos de información hay en el país, este vacío a su vez dificulta que se tenga suficiente información para diseñar mejores planes de conservación y uso sostenible a corto y largo plazo de razas, variedades y cultivares. A nivel nacional y mundial hay una tendencia a la pérdida y erosión de estos recursos, esta situación aumenta la vulnerabilidad del sistema agroalimentario y los riesgos ante cambios ambientales como cambio climático, plagas y enfermedades y erosión del suelo; y socioculturales como la pérdida del conocimiento tradicional de especies locales, homogenización de las dietas mundiales (Khoury et al., 2021).

En relación con la variable “diversidad de especies de accesiones” aunque se cuenta con una alta riqueza de taxa (961), y un alto número de accesiones el índice de Shannon (comparado con la media mundial) fue bajo, esto indica poca representatividad de la diversidad de especies en las estrategias de conservación en bancos de germoplasma *ex situ*. La prioridad se ha centrado en especies de importancia económica, del total de accesiones que se usaron en el análisis de esta investigación, 39.1% corresponden a *Triticum aestivum*, 24.5% a *Zea mays*, 3.3% a

*Phaseolus vulgaris* y 0.8% a *Capsicum annum*. Únicamente 5 especies conforman más del 67% de la accesiones.

La condición de México como centro de origen, domesticación y diversificación fue un aspecto determinante para el alto puntaje en la variable “diversidad de parientes silvestres”, también el cambio metodológico ya que se complementaron los datos sugeridos por el IAB con fuentes de información presentes en estudios y repositorios nacionales. Aunque el país cuenta con una alta diversidad de parientes silvestres, estudios recientes revelan una amenaza real de extinción provocada por acciones antropogénicas, estas amenazas se ven fortalecidas por la falta de acciones concretas para mejorar el conocimiento sobre la importancia agrícola de estas especies, así como la falta de estrategias de conservación *ex situ* e *in situ* a largo y corto plazo. (Contreras et al., 2018 ; Goettsch et al., 2021; Mastretta-Yanes et al., 2019; Tobón et al., 2019). La poca inversión de recursos en la conservación de los CWR obliga a priorizar lugares estratégicos alrededor del mundo, de acuerdo con Vincent et al., (2019, 2022), Mesoamérica es una región clave por ser un hotspot de biodiversidad y de CWR claves para el futuro del sistema agroalimentario.

Los resultados del IAB a nivel mundial para el indicador “especies subutilizadas” fue el más bajo de todo el conjunto de datos que analizaron Jones et al., (2021). La conservación de plantas silvestres es crítica a nivel internacional (1.5/100) y a nivel nacional (1.7/100). Investigaciones en el continente americano indican limitados esfuerzos en la investigación y conservación de las especies subutilizadas y de plantas silvestres útiles (Galluzzi & López Noriega, 2014; Khoury et al., 2019), esto se refleja también a nivel nacional, como se ha indicado anteriormente los esfuerzos nacionales se han centrado en la conservación de los cultivos más comerciales (SNICS, 2020).

Es necesario mejorar las estrategias de conservación *in situ* y desarrollar protocolos que involucren mayor participación de las comunidades locales, en este sentido es prioritario agilizar los marcos legislativos, administrativos y de política pública para este fin, particularmente el Protocolo de Nagoya (Hernández, 2019).

### **La necesidad de datos más completos y accesibles sobre el sistema agroalimentario**

El sistema agrícola y de conservación de recursos genéticos cuenta con plataformas innovadoras como el SIAP y el BangerMex, sin embargo, en el caso del sistema de conservación aún hay bancos de semillas que no están en las plataformas digitales abiertas y públicas y a cuya información es difícil acceder o se requiere de muchos protocolos. Es recomendable que los datos de todos los bancos de semillas del INIFAP estén disponibles de forma virtual y gratis, esto permitiría mayor participación de investigadores y por ende un mejor entendimiento de la diversidad, uso sostenible y

dinámica de las colecciones biológicas relacionadas con la agrobiodiversidad en el país. Así mismo, aunque la plataforma de BangerMex es muy útil y recopila datos de muy buena calidad, para el futuro es recomendable ampliar la información de las accesiones a categorías intraespecíficas. De igual forma es recomendable que el SIAP incluya una categoría de nombre científicos y en lo posible de variedades de tal forma que se puedan hacer más trabajos específicos sobre la agrobiodiversidad del sistema agrícola.

El Índice de Agrobiodiversidad tiene el potencial de aportar información con base científica para la toma de decisiones en pro de la conservación y uso sostenible de la agrobiodiversidad, sin embargo, para mejorar la precisión de los resultados se requiere de fuentes de información complejas, actuales y de calidad. Como se indicó en esta investigación hay algunos indicadores que están subestimados por la falta de datos más precisos, por ello la necesidad de mejorar los sistemas de información en el país. Así mismo es importante señalar que la medición del estado debe renovarse con regularidad y que los resultados pueden variar dependiendo de las nuevas evidencias.

Es comprensible que en la implementación masiva del Índice como la desarrollada por Bioversity International, (2019) y Jones et al., (2021) se tomen bases de datos mundiales para hacer comparables las variables, sin embargo, esto deja fuera fuentes de información de mejor calidad que tienen los países. A medida que centros de investigación nacionales reconozcan el potencial de los resultados del ÍAB se generaran datos más precisos, actuales y de calidad, de tal forma que se puedan precisar los umbrales y se integren nuevas variables.

## **Conclusiones**

México presenta un Índice de Estado de Agrobiodiversidad moderado (56/100). En el sistema alimentario los niveles fueron altos, existen fuentes de alimentación diversificadas, sin embargo, esta diversidad no se ve reflejada en dietas saludables. En el sistema agrícola también se presentaron puntajes altos asociados a una alta diversidad agrícola: cultivos, pecuario y ganadero, mientras que las variables relacionadas con biodiversidad del suelo y complejidad del paisaje fueron bajas. En este sistema se requieren de la continuidad de estrategias agroecológicas que aporten a la conservación de la agrobiodiversidad, adaptación al cambio climático y conservación del suelo y agua.

El sistema de conservación presentó bajos puntajes, se ha dado una mayor prioridad a las especies comerciales del país, mientras que la conservación *ex situ* e *in situ* de especies silvestres o no comerciales esta poco atendida y estudiada.

Para hacer una mejor gestión y uso sostenible de la agrobiodiversidad se requieren de esfuerzos por mejorar las fuentes de información relacionadas con las diversas esferas que conforman la agrobiodiversidad, esto implica acceso público a datos del sistema de conservación, así como especificaciones a niveles infra específicos. En cuanto al sistema agrícola se requiere de precisión biológica de fuentes del SIAP.

## Literatura citada

- Aburto, T. C., Pedraza, L. S., Sánchez-Pimienta, T. G., Batis, C., & Rivera, J. A. (2016). Discretionary Foods Have a High Contribution and Fruit, Vegetables, and Legumes Have a Low Contribution to the Total Energy Intake of the Mexican Population. *The Journal of Nutrition*, 146(9), 1881S-1887S. <https://doi.org/10.3945/jn.115.219121>
- Aceves, B., Ingram, M., Nieto, C., de Zapien, J. G., & Rosales, C. (2020). Non-communicable disease prevention in Mexico: Policies, programs and regulations. *Health Promotion International*, 35(2), 409–421. <https://doi.org/10.1093/heapro/daz029>
- Afshin, A., Sur, P. J., Fay, K. A., Cornaby, L., Ferrara, G., Salama, J. S., Mullany, E. C., Abate, K. H., Abbafati, C., Abebe, Z., Afarideh, M., Aggarwal, A., Agrawal, S., Akinyemiju, T., Alahdab, F., Bacha, U., Bachman, V. F., Badali, H., Badawi, A., ... Murray, C. J. L. (2019). Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017 (supplementary appendix). *The Lancet*, 393(10184), 1958–1972. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)30041-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30041-8)
- Allen, T., Prosperi, P., Cogill, B., & Flichman, G. (2014). Agricultural biodiversity, social–ecological systems and sustainable diets. *Proceedings of the Nutrition Society*, 73(4), 498–508. <https://doi.org/10.1017/S002966511400069X>
- Bangermex. (2022). *Sistema de Información de Bancos de Germoplasma Mexicano*. <http://162.243.160.96:8080/Sbd-Germoplasma/bancos>
- Bartzas, G., & Komnitsas, K. (2020). An integrated multi-criteria analysis for assessing sustainability of agricultural production at regional level. *Information Processing in Agriculture*, 7(2), 223–232. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.09.005>
- Basto-Abreu, A., Torres-Álvarez, R., Reyes-Sánchez, F., González-Morales, R., Canto-Osorio, F., Colchero, M. A., Barquera, S., Rivera, J. A., & Barrientos-Gutierrez, T. (2020). Predicting obesity reduction after implementing warning labels in Mexico: A modeling study. *PLOS Medicine*, 17(7), e1003221. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003221>
- Belardo, G. (2018). *Trade diversification and changing food consumption patterns since the 2000s: The case of homogenizing diets globally and in the BRICS*. <http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/8950979>
- Bioversity International. (2017). *Mainstreaming agrobiodiversity in sustainable food systems: Scientific foundations for an agrobiodiversity index*. Bioversity International. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/89049>
- Bioversity International. (2018). *The Agrobiodiversity Index: Methodology Report v.1.0*.

Bioversity International.  
[https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user\\_upload/AA\\_Publications/Methodology\\_Index\\_1.pdf](https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user_upload/AA_Publications/Methodology_Index_1.pdf)

- Biodiversity International. (2019). *Agrobiodiversity Index Report 2019: Risk and Resilience*. Biodiversity International. <https://hdl.handle.net/10568/100820>
- Boggia, A., Massei, G., Pace, E., Rocchi, L., Paolotti, L., & Attard, M. (2018). Spatial multicriteria analysis for sustainability assessment: A new model for decision making. *Land Use Policy*, 71, 281–292. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.036>
- Cardoso, P., Barton, P. S., Birkhofer, K., Chichorro, F., Deacon, C., Fartmann, T., Fukushima, C. S., Gaigher, R., Habel, J. C., Hallmann, C. A., Hill, M. J., Hochkirch, A., Kwak, M. L., Mammola, S., Ari Noriega, J., Orfinger, A. B., Pedraza, F., Pryke, J. S., Roque, F. O., ... Samways, M. J. (2020). Scientists' warning to humanity on insect extinctions. *Biological Conservation*, 242, 108426. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108426>
- Castañeda-Álvarez, N. P., Khoury, C. K., Achicanoy, H. A., Bernau, V., Dempewolf, H., Eastwood, R. J., Guarino, L., Harker, R. H., Jarvis, A., Maxted, N., Müller, J. V., Ramirez-Villegas, J., Sosa, C. C., Struik, P. C., Vincent, H., & Toll, J. (2016). Global conservation priorities for crop wild relatives. *Nature Plants*, 2(4), 1–6. <https://doi.org/10.1038/nplants.2016.22>
- Chaudhary, P., Bhatta, S., Aryal, K., Joshi, B., & Gauchan, D. (2020). Threats, drivers and conservation imperative of agrobiodiversity. *The Journal of Agriculture and Environment*, 21, 44–61. <http://naea.org.np/public/uploads/Pdffile/The%20Journal%20of%20Agriculture%20and%20Environment-57904.pdf#page=52>
- CIAT. (2018). *A global database for the distributions of crop wild relatives. Version 1.12*. <https://doi.org/10.15468/jyrthk>
- CIAT. (2022). *Useful Plants Indicator | CIAT*. <https://ciat.cgiar.org/usefulplants-indicator/>
- CICY. (2020). *Banco de germoplasma*. <http://www2.cicy.mx/sitios/germoplasma#:~:text=Banco%20de%20semillas.&text=Esta%20es%20la%20forma%20m%C3%A1s,pueden%20almacenar%20a%20bajas%20temperaturas>
- CONABIO. (2009). *Capital Natural de México. Estado de conservación y tendencias de cambio: Vol. II*. CONABIO. <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/7404.pdf>
- CONABIO. (2013). *Proyecto global de maíces nativos (bases de datos)*. Biodiversidad Mexicana. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/proyectoMaices>
- Contreras, A., Cortes-Cruz, M., Costich, D., Rico-Arce, M., Brehm, J., & Maxted, N. (2018). A Crop Wild Relative Inventory for Mexico. *Crop Science*, 58, 1292. <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.07.0452>
- Cotler, H., Corona, J. A., & Galeana-Pizaña, J. M. (2020). Soil erosion and food deficiency in Mexico: A first approach. *Investigaciones Geográficas*, 101. <https://doi.org/10.14350/rig.59976>
- Cruz-Casarrubias, C., Tolentino-Mayo, L., Vandevijvere, S., & Barquera, S. (2021). Estimated effects of the implementation of the Mexican warning labels regulation on the use of health and nutrition claims on packaged foods. *International*

- Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 18(1), 76.  
<https://doi.org/10.1186/s12966-021-01148-1>
- De La Torre, J. F., González S., R., Cruz G., E. J., Pichardo G., J. M., Quintana C., M., Contreras T., A. R., & Cadena I., J. (2018). Crop Wild Relatives in Mexico: An Overview of Richness, Importance, and Conservation Status. En S. L. Greene, K. A. Williams, C. K. Houry, M. B. Kantar, & L. F. Marek (Eds.), *North American Crop Wild Relatives, Volume 1: Conservation Strategies* (pp. 63–96). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-95101-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-95101-0_3)
- Doebley, J. F., Gaut, B. S., & Smith, B. D. (2006). The molecular genetics of crop domestication. *Cell*, 127(7), 1309–1321.  
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2006.12.006>
- DOF. (2019). *Acuerdo por el que se emiten los Lineamientos de Operación del Programa Sembrando Vida*.  
[https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5548785&fecha=24/01/2019](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5548785&fecha=24/01/2019)
- ESA. (2021). *Land Cover CCI. Land Cover Map 2020*.  
<http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.php>
- European Soil Data Center. (2016). “Global Soil Biodiversity Maps” associated to the *Global Soil Biodiversity Atlas*. <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/global-soil-biodiversity-maps-0>
- FAO. (2019a). *El sistema alimentario en México. Oportunidades para campo mexicano en la Agenda 2030 de d}Desarrollo Sostenible*.  
<http://www.fao.org/3/CA2910ES/ca2910es.pdf>
- FAO. (2019b). *The State of the World’s Biodiversity for Food and Agriculture* (p. 530). FAO. <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>
- FAO. (2021). *Food Security Indicators*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FS>
- FAO. (2022a). *Domestic Animal Diversity Information System (DAD-IS)*.  
<https://www.fao.org/dad-is/en/>
- FAO. (2022b). *Food Balance Sheet*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>
- Frison, E. A., Cherfas, J., & Hodgkin, T. (2011). Agricultural Biodiversity Is Essential for a Sustainable Improvement in Food and Nutrition Security. *Sustainability*, 3(1), 238–253. <https://doi.org/10.3390/su3010238>
- Galluzzi, G., & López Noriega, I. (2014). Conservation and Use of Genetic Resources of Underutilized Crops in the Americas—A Continental Analysis. *Sustainability*, 6(2), 980–1017. <https://doi.org/10.3390/su6020980>
- Gaona-Pineda, E. B., Martínez-Tapia, B., Arango-Angarita, A., Valenzuela-Bravo, D., Gómez-Acosta, L. M., Shamah-Levy, T., Rodríguez-Ramírez, S., Gaona-Pineda, E. B., Martínez-Tapia, B., Arango-Angarita, A., Valenzuela-Bravo, D., Gómez-Acosta, L. M., Shamah-Levy, T., & Rodríguez-Ramírez, S. (2018). Consumo de grupos de alimentos y factores sociodemográficos en población mexicana. *Salud Pública de México*, 60(3), 272–282.  
<https://doi.org/10.21149/8803>
- Genesys. (2021). *Global Portal on Plant Genetic Resources*. <https://www.genesys-pgr.org/>
- Goettsch, B., Urquiza-Haas, T., Koleff, P., Acevedo Gasman, F., Aguilar-Meléndez, A., Alavez, V., Alejandro-Iturbide, G., Aragón Cuevas, F., Azurdia Pérez, C., Carr, J. A., Castellanos-Morales, G., Cerén, G., Contreras-Toledo, A. R., Correa-

- Cano, M. E., De la Cruz Larios, L., Debouck, D. G., Delgado-Salinas, A., Gómez-Ruiz, E. P., González-Ledesma, M., ... Jenkins, R. K. B. (2021). Extinction risk of Mesoamerican crop wild relatives. *PLANTS, PEOPLE, PLANET*, 3(6), 775–795. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10225>
- González, H. (2014). Specialization on a global scale and agrifood vulnerability: 30 years of export agriculture in Mexico. *Development Studies Research*, 1(1), 295–310. <https://doi.org/10.1080/21665095.2014.929973>
- Haro, A., Mendoza-Ponce, A., Calderón-Bustamante, Ó., Velasco, J. A., & Estrada, F. (2021). Evaluating Risk and Possible Adaptations to Climate Change Under a Socio-Ecological System Approach. *Frontiers in Climate*, 3. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fclim.2021.674693>
- Hernández, R. (2019). El protocolo de Nagoya en México: Un análisis legal del cumplimiento y el papel de los protocolos comunitarios bioculturales. *Revista de la Facultad de Derecho de México*, 275, 1–36. <http://dx.doi.org/10.22201/fder.24488933e.2019.275-2.69422>
- Hernández-Ochoa, I. M., Asseng, S., Kassie, B. T., Xiong, W., Robertson, R., Luz Pequeno, D. N., Sonder, K., Reynolds, M., Babar, M. A., Molero Milan, A., & Hoogenboom, G. (2018). Climate change impact on Mexico wheat production. *Agricultural and Forest Meteorology*, 263, 373–387. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.09.008>
- Hunter, D., Borelli, T., & Gee, E. (Eds.). (2020). *Biodiversity, Food and Nutrition: A New Agenda for Sustainable Food Systems*. Bioversity International. <https://www.routledge.com/Biodiversity-Food-and-Nutrition-A-New-Agenda-for-Sustainable-Food-Systems/Hunter-Borelli-Gee/p/book/9780367141516>
- INEGI. (2019). *Encuesta Nacional Agropecuaria 2019*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2019/>
- Instituto Nacional de Salud Pública. (2021). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Continua COVID-19. Resultados Nacionales* (p. 190). Instituto Nacional de Salud Pública. <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanutcontinua2020/index.php>
- International Food Policy Research Institute. (2019). *Global Spatially-Disaggregated Crop Production Statistics Data for 2010 Version 1.1*. Harvard Dataverse, V3. <https://doi.org/10.7910/DVN/PRFF8V>
- IPES-Food. (2016). *From uniformity to diversity: A paradigm shift from industrial agriculture to diversified agroecological systems*. International Panel of Experts on Sustainable Food systems. [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/75659/UniformityToDiversity\\_FullReport.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/75659/UniformityToDiversity_FullReport.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Jacobsen, S.-E., Sørensen, M., Pedersen, S. M., & Weiner, J. (2015). Using our agrobiodiversity: Plant-based solutions to feed the world. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(4), 1217–1235. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0325-y>
- Jones, S. K., Estrada-Carmona, N., Juventia, S. D., Dulloo, M. E., Laporte, M.-A., Villani, C., & Remans, R. (2021). Agrobiodiversity Index scores show agrobiodiversity is underutilized in national food systems. *Nature Food*, 2(9), 712–723. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00344-3>

- Juventia, S., Jones, S., Laporte, M., Remans, R., Villani, C., & Estrada-Carmona, N. (2020). Text Mining National Commitments towards Agrobiodiversity Conservation and Use. *Sustainability*, 12, 715. <https://doi.org/10.3390/su12020715>
- Khoury, C. K., Amariles, D., Soto, J. S., Diaz, M. V., Sotelo, S., Sosa, C. C., Ramírez-Villegas, J., Achicanoy, H. A., Velásquez-Tibatá, J., Guarino, L., León, B., Navarro-Racines, C., Castañeda-Álvarez, N. P., Dempewolf, H., Wiersema, J. H., & Jarvis, A. (2019). Comprehensiveness of conservation of useful wild plants: An operational indicator for biodiversity and sustainable development targets. *Ecological Indicators*, 98, 420–429. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.016>
- Khoury, C. K., Bjorkman, A. D., Dempewolf, H., Ramirez-Villegas, J., Guarino, L., Jarvis, A., Rieseberg, L. H., & Struik, P. C. (2014). Increasing homogeneity in global food supplies and the implications for food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(11), 4001–4006. <https://doi.org/10.1073/pnas.1313490111>
- Khoury, C. K., Brush, S., Costich, D. E., Curry, H. A., de Haan, S., Engels, J. M. M., Guarino, L., Hoban, S., Mercer, K. L., Miller, A. J., Nabhan, G. P., Perales, H. R., Richards, C., Riggins, C., & Thormann, I. (2021). Crop genetic erosion: Understanding and responding to loss of crop diversity. *New Phytologist*, n/a(n/a). <https://doi.org/10.1111/nph.17733>
- Lippert, C., Feuerbacher, A., & Narjes, M. (2021). Revisiting the economic valuation of agricultural losses due to large-scale changes in pollinator populations. *Ecological Economics*, 180, 106860. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106860>
- Luque, D., Gay, C., & Ortiz, B. (Eds.). (s/f). *Complejos bioculturales de México. Bienestar comunitario en escenarios de cambio climático*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. [https://patrimoniobiocultural.com/archivos/publicaciones/libros/Complejos\\_bioculturales.pdf](https://patrimoniobiocultural.com/archivos/publicaciones/libros/Complejos_bioculturales.pdf)
- Marrón-Ponce, J. A., Tolentino-Mayo, L., Hernández-F, M., & Batis, C. (2019). Trends in Ultra-Processed Food Purchases from 1984 to 2016 in Mexican Households. *Nutrients*, 11(1), 45. <https://doi.org/10.3390/nu11010045>
- Mastretta-Yanes, A., Bellon, M. R., Acevedo, F., Burgeff, C., Piñero, D., & Sarukhán, J. (2019). Un programa para México de conservación y uso de la diversidad genética de las plantas domesticadas y sus parientes silvestres. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(4), 321–321. <https://doi.org/10.35196/rfm.2019.4.321>
- Meilleur, B. A., & Hodgkin, T. (2004). *In situ* conservation of crop wild relatives: Status and trends. *Biodiversity & Conservation*, 13(4), 663–684. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000011719.03230.17>
- Molina, J. C., & Córdova, L. (2006). *Recursos Fitogenéticos en México para la Alimentación y la Agricultura. Informe nacional 2006*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, SAGARPA Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C., SOMEFI. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/317882/Informe\\_Nacional\\_RFAA\\_2000.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/317882/Informe_Nacional_RFAA_2000.pdf)

- Murray-Tortarolo, G. N., Jaramillo, V. J., & Larsen, J. (2018). Food security and climate change: The case of rainfed maize production in Mexico. *Agricultural and Forest Meteorology*, 253–254, 124–131. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.02.011>
- Ng, S. W., Rivera, J. A., Popkin, B. M., & Colchero, M. A. (2019). Did high sugar-sweetened beverage purchasers respond differently to the excise tax on sugar-sweetened beverages in Mexico? *Public Health Nutrition*, 22(4), 750–756. <https://doi.org/10.1017/S136898001800321X>
- Nieto, C., Tolentino-Mayo, L., Medina, C., Monterrubio-Flores, E., Denova-Gutiérrez, E., & Barquera, S. (2018). Sodium Content of Processed Foods Available in the Mexican Market. *Nutrients*, 10(12), 2008. <https://doi.org/10.3390/nu10122008>
- OECD. (2019). *The Heavy Burden of Obesity: The Economics of Prevention | en | OECD*. OECD. <https://www.oecd.org/health/the-heavy-burden-of-obesity-67450d67-en.htm>
- Okunogbe, A., Nugent, R., Spencer, G., Ralston, J., & Wilding, J. (2021). Economic impacts of overweight and obesity: Current and future estimates for eight countries. *BMJ Global Health*, 6(10), e006351. <https://doi.org/10.1136/bmigh-2021-006351>
- Peña, J. E. la, Rascón-Pacheco, R. A., Ascencio-Montiel, I. de J., González-Figueroa, E., Fernández-Gárate, J. E., Medina-Gómez, O. S., Borja-Bustamante, P., Santillán-Oropeza, J. A., & Borja-Aburto, V. H. (2021). Hypertension, Diabetes and Obesity, Major Risk Factors for Death in Patients with COVID-19 in Mexico. *Archives of Medical Research*, 52(4), 443–449. <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2020.12.002>
- Pérez-Tepayo, S., Rodríguez-Ramírez, S., Unar-Munguía, M., & Shamah-Levy, T. (2020). Trends in the dietary patterns of Mexican adults by sociodemographic characteristics. *Nutrition Journal*, 19(1), 51. <https://doi.org/10.1186/s12937-020-00568-2>
- Robinson, T. P., Wint, G. R. W., Conchedda, G., Boeckel, T. P. V., Ercoli, V., Palamara, E., Cinardi, G., D'Aiuti, L., Hay, S. I., & Gilbert, M. (2014). Mapping the Global Distribution of Livestock. *PLOS ONE*, 9(5), e96084. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0096084>
- Rtveladze, K., Marsh, T., Barquera, S., Sanchez Romero, L. M., Levy, D., Melendez, G., Webber, L., Kilpi, F., McPherson, K., & Brown, M. (2014). Obesity prevalence in Mexico: Impact on health and economic burden. *Public Health Nutrition*, 17(1), 233–239. <https://doi.org/10.1017/S1368980013000086>
- Sánchez, L. M., Canto-Osorio, F., González-Morales, R., Colchero, M. A., Ng, S.-W., Ramírez-Palacios, P., Salmerón, J., & Barrientos-Gutiérrez, T. (2020). Association between tax on sugar sweetened beverages and soft drink consumption in adults in Mexico: Open cohort longitudinal analysis of Health Workers Cohort Study. *BMJ*, 369, m1311. <https://doi.org/10.1136/bmj.m1311>
- SEMARNAT. (2022). *Elabora SEMARNAT plan para incentivar la agroecología en México*. gov.mx. <http://www.gob.mx/semarnat/prensa/elabora-semarnat-plan-para-incentivar-la-agroecologia-en-mexico?state=published>
- SIAP. (2020). *Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta Nueva Generación (SIACON NG)*.

- SNICS. (2020). *Informe Nacional sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura* (p. 319). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/667538/Informe\\_Nacional\\_R\\_FAA.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/667538/Informe_Nacional_R_FAA.pdf)
- Tobón, W., Urquiza-Haas, T., Yanes, A. M., Robayo, A. C., Restrepo, M. O., Urquiza-Haas, E., Alarcón, J., Oliveros, O., Acevedo, F., Goettsch, B., & Osorio, P. K. (2019). Mesoamerica's Crop Wild Relatives: A new approach for conservation planning. *Biodiversity Information Science and Standards*, 3, e38286. <https://doi.org/10.3897/biss.3.38286>
- Toledo, Barrera-Bassols, & Boege, E. (2019). *¿Qué es la diversidad biocultural?* Universidad Nacional Autónoma de México (Proyecto PAPIIME: PE404318). <https://patrimoniobiocultural.com/producto/que-es-la-diversidad-biocultural/>
- Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2017). Political Agroecology in Mexico: A Path toward Sustainability. *Sustainability*, 9(2), 268. <https://doi.org/10.3390/su9020268>
- Ulian, T., Diazgranados, M., Pironon, S., Padulosi, S., Liu, U., Davies, L., Howes, M.-J. R., Borrell, J. S., Ondo, I., Pérez-Escobar, O. A., Sharrock, S., Ryan, P., Hunter, D., Lee, M. A., Barstow, C., Łuczaj, Ł., Pieroni, A., Cámara-Leret, R., Noorani, A., ... Mattana, E. (2020). Unlocking plant resources to support food security and promote sustainable agriculture. *Plants, People, Planet*, 2(5), 421–445. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10145>
- Vargas-Meza, J., Cervantes-Armenta, M. A., Campos-Nonato, I., Nieto, C., Marrón-Ponce, J. A., Barquera, S., Flores-Aldana, M., & Rodríguez-Ramírez, S. (2022). Dietary Sodium and Potassium Intake: Data from the Mexican National Health and Nutrition Survey 2016. *Nutrients*, 14(2), 281. <https://doi.org/10.3390/nu14020281>
- Villanueva, A. B., Halewood, M., & Noriega, I. L. (2017). Agricultural Biodiversity in Climate Change Adaptation Planning. *European Journal of Sustainable Development*, 6(2), 1–1. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2017.v6n2p1>
- Vincent, H., Amri, A., Castañeda-Álvarez, N. P., Dempewolf, H., Dulloo, E., Guarino, L., Hole, D., Mba, C., Toledo, A., & Maxted, N. (2019). Modeling of crop wild relative species identifies areas globally for *in situ* conservation. *Communications Biology*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s42003-019-0372-z>
- Vincent, H., Hole, D., & Maxted, N. (2022). Congruence between global crop wild relative hotspots and biodiversity hotspots. *Biological Conservation*, 265, 109432. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109432>
- White, M., & Barquera, S. (2020). Mexico Adopts Food Warning Labels, Why Now? *Health Systems & Reform*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/23288604.2020.1752063>
- Wood, S. A., Karp, D. S., DeClerck, F., Kremen, C., Naeem, S., & Palm, C. A. (2015). Functional traits in agriculture: Agrobiodiversity and ecosystem services. *Trends in Ecology & Evolution*, 30(9), 531–539. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.06.013>
- Zimmerer, & Haan, S. (2017). Agrobiodiversity and a sustainable food future. *Nature Plants*, 3, 17047. <https://doi.org/10.1038/nplants.2017.47>

# CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE LOS COMPROMISOS DE MÉXICO FRENTE A LA AGROBIODIVERSIDAD EN EL SISTEMA AGROALIMENTARIO

Artículo publicado en la Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria  
[https://doi.org/10.21930/rcta.vol23\\_num1\\_art:2174](https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num1_art:2174)

## Resumen

Los compromisos en políticas para la conservación y uso sostenible de la agrobiodiversidad son esenciales para un sistema agroalimentario sostenible. En este contexto el objetivo de esta investigación se centró en analizar los compromisos en políticas públicas de México relacionados con el uso y conservación de la agrobiodiversidad. Se implementó la metodología propuesta en el Índice de Agrobiodiversidad, para el análisis de los datos se usó minería de texto con un código semiautomatizado desarrollado en Python. Se analizaron tres sistemas: alimentario, agrícola y recursos genéticos. Los resultados del Índice de Compromisos en Agrobiodiversidad fueron moderados, los compromisos más altos se obtuvieron en el sistema de recursos genéticos (54/100) y los más bajos en el sistema agrícola (38/100). La usencia de compromisos sólidos se debe entre otras cosas a la temporalidad de las políticas y programas y la atomización y poca comunicación entre instituciones dedicadas objetivos similares. Se concluye que ante las condiciones favorables de México relacionadas con la agrobiodiversidad es necesario mejorar los compromisos en políticas públicas ya que de eso depende en gran medida la resiliencia del sistema agroalimentario.

**Palabras clave:** análisis de riesgo, dietas saludables, minería de texto, políticas públicas, Python, recursos genéticos

## Abstract

Policy commitments towards the conservation and sustainable use of agrobiodiversity are essential for a sustainable agri-food system. Given this context, the objective of this research focused on analyzing Mexico's public policy commitments related to the use and conservation of agrobiodiversity. The methodology proposed by the Agrobiodiversity Index was implemented to analyze commitments, and text mining was

used with a semi-automated code developed in Python for the data collection. Three systems were analyzed: food, agriculture, and genetic resources. The results of the Index of Commitments in Agrobiodiversity showed a medium level of commitment, the highest commitments were obtained in the genetic resources system (54/100) and the lowest in the agricultural system (38/100). The absence of high commitments is due, among other things, to the temporality of the policies and programs along with the lack of synergy and clear communication between public institutions dedicated to the same objective. Given the favorable cultural and biological conditions in Mexico related to agrobiodiversity, the results of this research indicate that it is necessary to improve public policy commitments since the resilience of the agri-food system largely depends on them.

**Keywords:** healthy diets, genetic resources, public policies, python, risk analysis, text mining

## Introducción

Históricamente, la agrobiodiversidad ha jugado un papel fundamental en el desarrollo de la agricultura y constituye una pieza clave para la sostenibilidad del sistema agroalimentario (Villanueva et al., 2017; Zimmerer & Haan, 2017; Zimmerer et al., 2019). Sin embargo, en la actualidad los recursos fitogenéticos, zoogenéticos y acuáticos presentan múltiples amenazas (FAO, 2019b, 2019c, 2019d); se ha incrementado la pérdida polinizadores (Lundgren et al., 2016; Potts et al., 2010), así como la biodiversidad en suelos agrícolas (Geisen et al., 2019) y parientes silvestres (Khoury et al., 2019). A esto se suma la pérdida de los conocimientos sobre el uso y manejo de la agrobiodiversidad que se han transmitido de manera intergeneracional por siglos (Lambrou & Laub, 2007).

Algunos factores que destacan en la acelerada pérdida de la agrobiodiversidad son: a) el crecimiento poblacional; b) urbanización; c) cambio climático; d) desastres naturales; e) plagas y enfermedades; f) especies invasoras; g) cambios en el uso de agua y tierra; h) contaminación; i) sobreexplotación, j) agricultura industrial basada en la uniformidad genética (FAO, 2019d) así como homogenización mundial de las dietas (Khoury et al., 2014a).

México se destaca a nivel global por ser uno de los países con mayor riqueza biocultural (Toledo & Alarcón, 2018; Vidal et al., 2020), las sinergias entre estos dos factores han dado como resultado que el país sea uno de los centros mundiales de origen, domesticación y diversificación de especies de uso agrícola (Casas, 2021; Khoury et al., 2016). La conservación de esta agrobiodiversidad está vinculada a las

poblaciones rurales y a los conocimientos tradicionales que se han heredado de generación en generación (Corvalán et al., 2020; Mateos et al., 2016).

En el territorio nacional hay una gran diversidad de plantas, animales y microorganismos cultivados y silvestres con altos valores nutricionales; a pesar de esta riqueza, actualmente existe una doble carga de malnutrición en el país, por un lado, el 55,5% de los hogares presentan inseguridad alimentaria (26% moderada y severa y 32,9% leve) y 39,1% de la población mayor de 20 años tiene sobrepeso y el 36,1% obesidad (INEGI et al., 2019). El cambio de dietas es una de las causas de altos índices de obesidad en el país (Flores et al., 2010; OECD, 2017), actualmente la obesidad y el sobrepeso se han convertido en problemas de salud pública (DiBonaventura et al., 2018; Torres & Rojas, 2018) originando grandes pérdidas económicas y obstaculizando algunos ejes del desarrollo del país (A. Fernández et al., 2017; González & Cordero, 2019; Velasco et al., 2020).

En México y en el mundo el cambio en la agrobiodiversidad incidirá en la sostenibilidad del sistema alimentario y la agricultura (Corrado et al., 2019). Por ende, se requieren de estrategias para conservar y promover el uso sostenible en estos sistemas. Sin embargo, el conocimiento sobre la agrobiodiversidad, especialmente metodologías para identificar el estado actual, las acciones que realizan los países para su conservación y uso sostenible, así como los compromisos políticos y legislativos han sido poco estudiados y están atomizados en múltiples campos de investigación (Bioversity International, 2017).

Ante este vacío de información en la Declaración de Delhi sobre la Agrobiodiversidad celebrada en 2016 se insistió en la necesidad de crear una metodología con el fin de monitorear la agrobiodiversidad desde un enfoque holístico (Bioversity International, 2016). De esta manera surge el Índice de Agrobiodiversidad (IAB) basado en principios teóricos y científicos sólidos, que mide la biodiversidad agrícola a nivel nacional en los sistemas agrícolas, alimenticios y de recursos genéticos. Mide tres aspectos en cada sistema: los compromisos que cada país ha generado para mejorar y conservar la agrobiodiversidad, las acciones que se han desarrollado y el estado actual de la agrobiodiversidad para uso actual y futuro (Bioversity International, 2018, 2019).

En este contexto, el objetivo de esta investigación fue medir y analizar los compromisos adquiridos por México para mejorar la agrobiodiversidad en los sistemas agrícolas, alimentarios y de recursos genéticos usando como herramienta principal un sistema semiautomatizado de minería de texto.

## **Metodología**

La medición de los compromisos se basa en el Índice de Agrobiodiversidad (IAB) metodología creada por Bioversity International. Este índice se desarrolló con un enfoque de Análisis Multicriterio en Toma de Decisiones o Análisis de Decisión Multicriterio (MCDA por sus siglas en inglés) con técnicas de agregación que puedan ser de fácil comprensión por un público no experto, por tomadores de decisiones y por su utilidad en la medición de procesos de sostenibilidad (Bartzas & Komnitsas, 2020; Boggia et al., 2018; Hajkowicz & Higgins, 2008).

Este es un índice compuesto que mide compromisos, acciones y estado respecto a tres dimensiones relacionadas con la agrobiodiversidad: dietas saludables y mercados, agricultura sostenible y recursos genéticos para uso actual y futuro. Esta investigación se centró específicamente en analizar los compromisos, se midieron tres indicadores, cada uno de estos corresponde a las dimensiones abordadas, se usaron 21 variables, cada variable está compuesta por uno o varios grupos de palabras y cada grupo está compuesto por un número determinado de palabras. Cada indicador cuenta con variables específicas y una variable general, estas últimas poseen mayor cantidad grupos y palabras clave (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Indicadores y variables para medir compromisos

<b>Indicador</b>	<b>Códigos de las variables</b>	<b>Grupos de palabras</b>	<b>Número de palabras clave</b>
Nivel de compromiso para mejorar el consumo de agrobiodiversidad en dietas saludables y mercados	C01 -Dietas diversificadas	3	11
	C02- Mercados diversificados	10	35
	C03-Diversidad funcional	2	5
	C04- Dietas saludables y sostenibles (variable general)	40	75
	C05-Diversidad de especies	1	1
	C06-Diversidad varietal	1	2
Nivel de compromiso para mejorar la producción y el mantenimiento de la agrobiodiversidad para una agricultura sostenible	C07-Diversidad de cultivos	5	15
	C08-Diversidad funcional	2	3
	C09-Diversidad de ganado	1	5
	C10-Sistemas de cultivos mixtos	10	20
	C11-Diversidad de especies	1	2
	C12-Producción agrícola sostenible (variable general)	58	116
	C13-Diversidad varietal	1	2
	C14-Conservación <i>ex situ</i>	3	6

Nivel de compromiso para mejorar la gestión de los recursos genéticos de la agrobiodiversidad para las opciones de uso actuales y futuras	C15-Diversidad funcional	1	1
	C16-Diversidad genética	19	40
	C17-Conservación de recursos genéticos para opciones de uso futuro (variable general)	59	104
	C18-Conservación <i>in situ</i>	1	2
	C19-Diversidad de semillas	10	14
	C20- Diversidad de especies	1	1
	C21-Diversidad varietal	1	2
<b>Total</b>			<b>462</b>

**Fuente:** Adaptado de Bioersivity International (2018)

Para analizar el marco político y legislativo e identificar los compromisos respecto a la agrobiodiversidad se usó minería de texto (Miner et al., 2012). Primero se seleccionaron los documentos de repositorios internacionales recomendados por la metodología, principalmente FAOLEX y Global Database on the Implementation of Nutrition Action (GINA por sus siglas en inglés), posteriormente la búsqueda se amplió con publicaciones del Diario Oficial de la Federación (DOF).

Se usaron 136 documentos todos vigentes y de acceso público, los documentos corresponden a seis categorías, que van desde leyes generales (Leyes Federales, Leyes Nacionales) hasta políticas públicas gubernamentales (Programas, Lineamientos de operación, Normas Nacionales y Estrategias), todos los documentos se convirtieron en archivo .txt.

Se seleccionaron las palabras clave, se tomó como base las sugeridas en el IAB, la metodología sugiere 302 términos; sin embargo, en esta investigación se incluyeron 160 términos más. La lista original está en inglés, en el proceso de traducción fue necesario incluir nuevos términos, principalmente sinónimos y siglas que son usados y en los documentos del sistema legislativo y político de México. En el Apéndice 1 se encuentran todas las palabras clave y grupos usados en esta investigación.

Con estos insumos se desarrolló un código usando librerías de Natural Language Processing (NLP por sus siglas en inglés) en Python. Con este código se extrajeron las frases que contenían las palabras clave, las cuales fueron evaluadas de forma manual, cada una de estas recibió un puntaje de acuerdo con el nivel de compromiso (cuadro 2).

**Cuadro 2.** Criterios para determinar el nivel de compromisos

Clasificación	Definición	Puntaje
No aplica	El término de búsqueda se produce al referirse a un cuerpo o documento externo.	0
Mención	La palabra clave forma parte de una descripción de compromiso, pero no hay información de estrategia u objetivos	1
Estrategia	La palabra clave forma parte de una descripción de compromiso y está relacionada con una estrategia.	2
Objetivo	La palabra clave es parte de una descripción de compromiso y está relacionada con un objetivo específico en porcentaje y tiempo	3

**Fuente:** Bioversity International (2018)

Para calcular el puntaje para cada variable se tomó el valor máximo de las palabras clave que la componen. Eso significa que, si una variable tiene 11 términos de búsqueda y 5 de esos términos obtuvieron un puntaje de 1, 2 términos un puntaje de 1 y 4 términos un puntaje de 3, el puntaje final de esta variable será el 3 (Juventia et al., 2020).

En la ecuación 1 se determina el puntaje del indicador y en la ecuación 2 Índice de Compromisos en Agrobiodiversidad (ICA) la puntuación general de compromisos.

Ecuación 1:

$$x_1 = \frac{\frac{M_1}{3} \times 100\% + \frac{M_2}{3} \times 100\% + \dots + \frac{M_n}{3} \times 100\%}{n}$$

Ecuación 2:

$$X = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}$$

$x_1$ : indicador individual

$X$ : la suma de los tres indicadores

$n$ : número de variables en el indicador

$M_n$ : puntuación máxima registrada en la  $n$ -ésima variable específica

Tanto los indicadores como el Índice de Compromisos en Agrobiodiversidad están basados en una escala de 0 a 100, se clasificaron en terciles: nivel de compromisos bajo, medio y alto.

Para en análisis de la primera parte de la metodología se incluyó una prueba de frecuencia para determinar la ocurrencia en los textos usados. Así mismo se realizó una prueba chi-cuadrada para probar si cada palabra es igualmente común, para estos análisis se usó el programa R.

En la segunda parte de la metodología se hizo un análisis de riesgo-resiliencia, en este análisis se identificó cómo el grado de compromisos de los países frente al uso manejo y conservación de la agrobiodiversidad incide en seis riesgos, cada indicador está relacionado con riesgos específicos y el puntaje obtenido por el indicador en la primera parte de la metodología se asigna a los riesgos con los que están relacionados (cuadro 3). El nivel general de riesgo se obtuvo al calcular el promedio ponderado y la escala de riesgo se dividió en bajo, moderado y alto, con las cifras equiparables a los niveles de compromiso. A mayor nivel de riesgo menor resiliencia y viceversa.

**Cuadro 3.** Riesgos asociados a la pérdida de agrobiodiversidad

Indicadores	Desnutrición	Cambio climático	Degradación del suelo	Plagas y enfermedades	Pérdida de Biodiversidad	Ciclo de pobreza
Nivel de compromiso para mejorar el consumo de agrobiodiversidad en dietas saludables y mercados	X					X
Nivel de compromiso para mejorar la producción y el mantenimiento de la agrobiodiversidad para una agricultura sostenible		X	X	X	X	X
Nivel de compromiso para mejorar la gestión de los recursos genéticos de la agrobiodiversidad	X	X	X	X	X	X

**Fuente:** Bioversity International (2018)

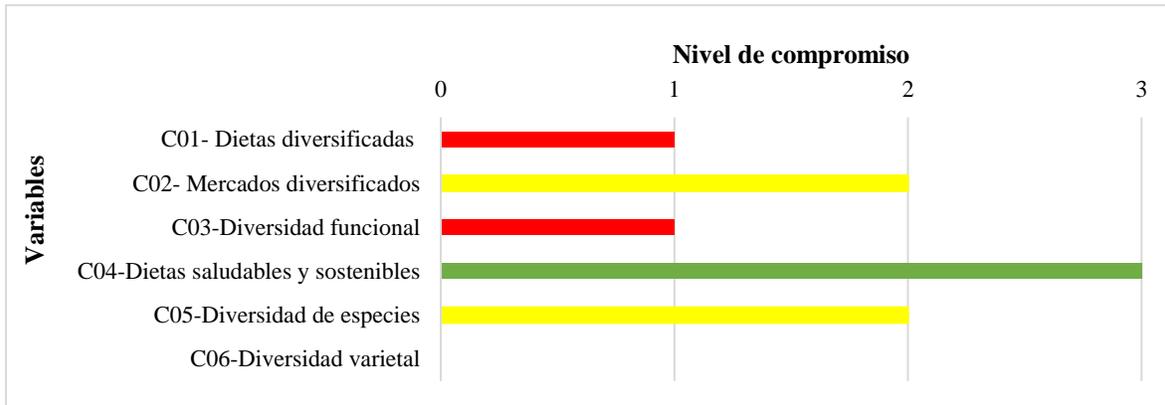
## Resultados

El Índice de Compromisos en Agrobiodiversidad fue media (48,6/100). De los 136 documentos usados, el 73,5% (100) resultaron ser útiles para el análisis, eso significa que al menos una palabra clave fue encontrada y el puntaje fue entre 1 a 3. De los 462 términos de búsqueda 163 (35,%) fueron encontrados en alguno de los grupos de documentos. Se extrajeron y evaluaron 8115 párrafos.

La ocurrencia de las palabras tiene un rango muy amplio, desde una aparición a 818, en la figura 1 se indican las frecuencias absolutas de las palabras usadas.



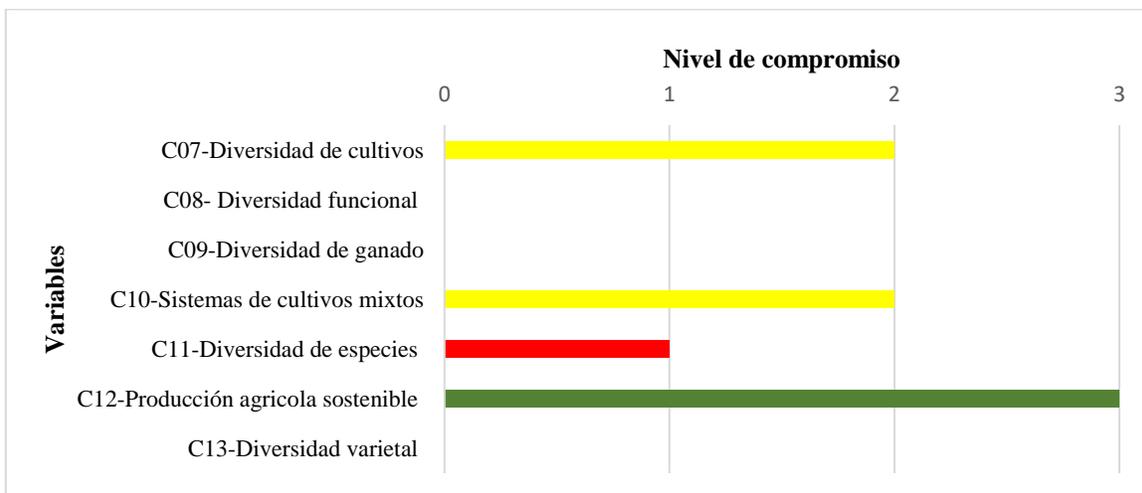
encontraron los términos asociados a estrategias. La variable general C04 “dietas saludables y sostenibles” está asociada con un nivel alto de compromisos (figura 2)



**Figura 2.** Nivel de compromiso con relación a la agrobiodiversidad y el sistema alimentario

**Fuente:** Elaboración propia

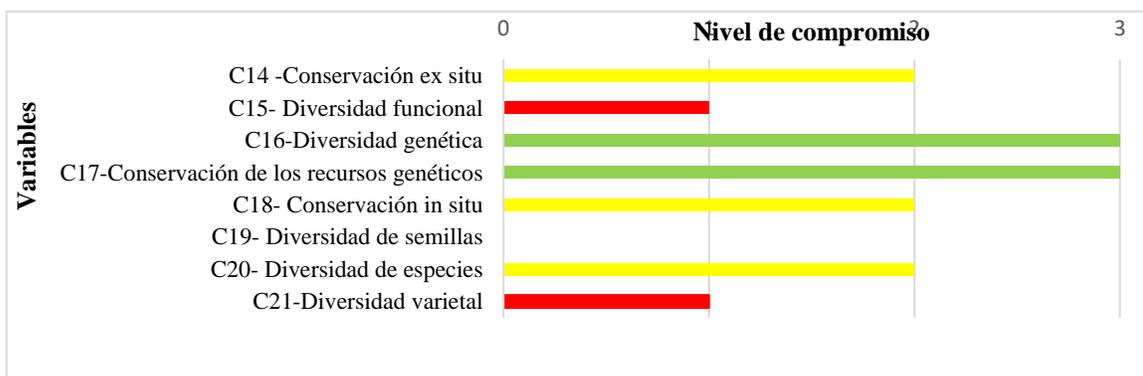
El nivel de compromisos para el uso y conservación de la agrobiodiversidad en los sistemas agrícolas es medio (38/100). Las variables C08 “diversidad funcional” y C09 “diversidad de ganado” no se encontraron en los textos analizados. La variable C11 “diversidad de especies” se encontró en los documentos, pero no asociada a compromisos. Las variables C07 y C10 están asociadas a objetivos y un nivel de compromiso medio, la variable general C12 “producción agrícola sostenible” se encontró asociada a un nivel de compromiso alto, donde las estrategias planteadas son específicas y están asociadas a porcentajes y tiempos específicos de cumplimiento (figura 3).



**Figura 3.** Nivel de compromiso en el sistema agrícola

**Fuente:** Elaboración propia

El nivel de compromiso de los recursos genéticos de uso actual y futuro (que incluye el sistema de semillas) es medio, con un puntaje de 54 en una escala de 0 a 100. Ninguno de los grupos de palabras o palabras claves fueron hallados en la variable C19 “diversidad de semillas”. La diversidad varietal y funcional, aunque circulan en el discurso de las políticas no están en función del cumplimiento de objetivos o estrategias. Las variables diversidad de especies, diversidad funcional y conservación de la diversidad *ex situ* tienen un nivel de compromiso medio, para las variables conservación de recursos y diversidad genéticos se encontraron compromisos específicos (figura 4).

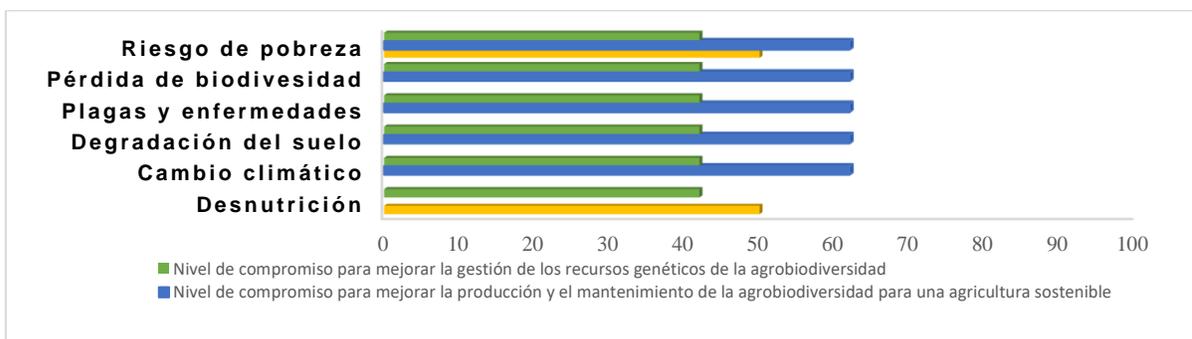


**Figura 4.** Nivel de compromiso de la agrobiodiversidad en el sistema de conservación

Fuente: Elaboración propia

### Análisis de riesgos y resiliencia relacionados con el Índice de compromisos en agrobiodiversidad

A nivel nacional se encontró un nivel de riesgo moderado (49/100), relacionado con niveles medios de compromiso sobre uso, conservación y manejo de la agrobiodiversidad (figura 5).



**Figura 5.** Nivel de riesgos relacionados con los compromisos para el uso y conservación de la agrobiodiversidad

Fuente: Elaboración propia

## Discusión

### **El rol de la agrobiodiversidad en las dietas saludables y sostenibles de México**

Las altas cifras de malnutrición en el país se han convertido en un problema social, económico y de salud pública (Barquera & Rivera, 2020; Fernández et al., 2017). Por ello como lo muestra la figura 1, hay un mayor interés a nivel nacional por crear políticas públicas que incluyan compromisos específicos para mitigar esta situación. En la constitución nacional se ha incorporado de manera explícita la alimentación como un derecho humano y se han generado a nivel nacional políticas públicas para la alimentación y la nutrición (Barquera et al., 2001; González & Cordero, 2019).

Aunque durante muchas décadas se han desarrollado políticas alimentarias en el país, el problema de inseguridad alimentaria y malnutrición sigue vigente. Autores como López & Gallardo (2015), indican que esto se debe entre otras cosas a que no hay políticas de Estado ni dependencias nacionales exclusivas dedicadas a afrontar el problema, esto provoca esfuerzos temporales y aislados que terminan en un desperdicio de recursos.

Dos de los principales apuestas en la última décadas para mejorar y para hacer frente a la epidemia nacional de obesidad y sobrepeso se han enfocado en la creación de impuestos a bebidas azucaradas y productos con alto contenido calórico, que según algunas evidencias han demostrado poca contribución al problema que pretenden enfrentar (Aguilar et al., 2019). Por otro lado, se espera que las modificaciones a la Norma Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, sobre el etiquetado frontal que entraron en vigor en octubre de 2020, tengan un mayor impacto en la salud de los mexicanos.

En el actual gobierno (sexenio 2018-2024) se han impulsado políticas que pretenden aportar a la seguridad alimentaria del país. Con la creación del organismo descentralizado de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Seguridad Alimentaria Mexicana (SEGALMEX) se establecen compromisos nacionales como “promover la producción, acopio, abasto, distribución, suministro, industrialización y comercialización de alimentos saludables básicos” (DOF, 2019b).

Así mismo se incorporaron 17 nuevos productos a la canasta básica alimentaria, algunos de ellos con alto contenido nutricional como garbanzos, chicharos, cacahuete, ajonjolí y chíá, con el objetivo de proveer alimentos nutritivos a la población más vulnerable.

También se está implementando el programa Agromercados sociales y sostenibles cuyo objetivo se centra en promover la comercialización de productos locales a través de “la aplicación de incentivos a la comercialización, inversión en infraestructura de

almacenamiento y organización de los pequeños y medianos productores de las regiones y entidades federativas con problemas de comercialización” (DOF, 2019b).

Sin embargo, la agrobiodiversidad (diversidad de especies, diversidad varietal) aún no se vincula como posible solución a los problemas de malnutrición del país, y no se evidencian compromisos políticos sólidos, aunque el país cuenta con una alta diversidad de animales, plantas y hongos con contenido nutricional alto y diverso que podrían mejorar la seguridad alimentaria en el país (CONABIO, 2009; Córdova et al., 2015; Molina & Córdova, 2006).

A nivel mundial y nacional existen pocos estudios que analicen los compromisos establecidos en las leyes y políticas para mejorar el consumo de la agrobiodiversidad para lograr dietas saludables (Bioversity International, 2018). El Índice de Agrobiodiversidad desarrollado por Bioversity International es pionero en abordar este aspecto como parte de sus indicadores. De 10 países en los que se investigó este indicador se identificó un nivel de compromiso medio (46/100). De estos, países en vías de desarrollo como Etiopía mostraron altos niveles de compromiso. Por el contrario, países desarrollados como Italia (22/100), China (44/100) y Australia (22/100) demostraron tener compromisos por debajo de la media. De los 10 países 6 mostraron un nivel de compromiso medio (50/100), este mismo fue el resultado de México.

La pandemia que inició en 2020 y que fue provocada por el virus COVID-19, a generado un gran impacto en México, la mayoría de las muertes causadas por el virus están asociadas a comorbilidades relacionadas con enfermedades causadas en gran parte por malos hábitos alimenticios (Bello et al., 2020; Hernández, 2020), resulta urgente establecer compromisos y acciones más contundentes a nivel nacional, regional y local para mejorar las dietas saludables en la población mexicana, teniendo en cuenta la agrobiodiversidad y las múltiples opciones de especies nutritivas presentes en el país.

### **Agrobiodiversidad y las múltiples lógicas del sistema agrícola nacional**

De los tres indicadores que se midieron en esta investigación, los compromisos para mejorar la agrobiodiversidad en los sistemas agrícolas obtuvieron las puntuaciones más bajas. Esto se debe principalmente a las múltiples lógicas bajo las cuales se desarrolla la agricultura en México. Por un lado, están las grandes superficies de monocultivos, aunque estos sistemas tienen una producción relativamente alta no favorece la agrobiodiversidad y por el contrario tienden a homogenizar los agroecosistemas y el paisaje (Altieri, 2009). Por otro lado, están las unidades agrícolas

a menor escala, basados principalmente en la subsistencia del hogar, en estos sistemas se privilegia la diversidad de especies y el conocimiento local.

México al ser uno de los centros de la “revolución verde” ha privilegiado en sus políticas el desarrollo de una industria agrícola que acapara grandes cantidades de recursos, además las políticas agrícolas tienen limitantes como exclusión, inequidad y poca focalización (Baca del Moral et al., 2018).

Sin embargo, algunas de las políticas actuales han establecido compromisos fuertes para el desarrollo de sistemas agrícolas diversificados que incluyen los policultivos, los sistemas agroforestales y la Milpa Intercalada con Árboles Frutales- MIAF (DOF, 2019c). En contraste uno de los aspectos más inviabilizados en los compromisos de políticas públicas es la conservación y sostenibilidad de recursos zoogenéticos, aunque el país cuenta con un gran potencial en animales criollos con fines agropecuarios (Fernández et al., 2015; Vázquez et al., 2002). Las políticas para el sector ganadero se han enfocado en el aumento de la producción y en los últimos dos años en un sistema de garantía del precio de la leche (DOF, 2020a).

El estudio realizado por Bioversity International (2019) en 10 países, mostró que en general no se han establecido compromisos sólidos para la conservación y uso sostenible de la agrobiodiversidad en el sistema agrícola. En países considerados potencias agrícolas como Estados Unidos (29/100) y China (38/100) los compromisos son más bajos que la media, este también es el caso de México.

### **La agrobiodiversidad en el sistema de recursos genéticos**

De los tres indicadores que se evaluaron los compromisos sobre uso manejo y conservación de la agrobiodiversidad en los sistemas de recursos genéticos fueron los más altos. Algunas de las políticas que contribuyen a este indicador son pioneras en Latinoamérica, como la reciente Ley Federal para el Fomento y protección del maíz nativo, donde se establecen compromisos para conservar el maíz como patrimonio biológico y cultural de la nación (DOF, 2020b). Otras políticas actuales que contribuyen a este nivel en los compromisos son la Estrategia Nacional sobre biodiversidad y la Estrategia Mexicana de conservación vegetal. También hay un aporte considerable de los compromisos establecidos en tratados internacionales, como el Convenio de Diversidad biológica (sección de biodiversidad agrícola) y el protocolo de Nagoya.

Sin embargo, hay aspectos que dificultan compromisos sólidos en la conservación de recursos genéticos relacionados con la agricultura. Quizás el más evidente es la falta de continuidad en políticas y programas enfocados en la agrobiodiversidad. El caso

más notable fue la no continuidad del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI) y la Red Temática Mexicana de Recursos Fitogenéticos (REMEFI). Estas estrategias se enfocaban en la investigación transdisciplinaria, conservación *in situ*, *ex situ*, aprovechamiento sostenible y desarrollo de capacidades. Aunque fueron dos estrategias innovadoras e hicieron un gran aporte científico y técnico a la conservación de la agrobiodiversidad del país, la falta de recursos para el desarrollo de actividades y los cambios de administración del gobierno no han permitido un proceso sólido a largo plazo.

Un aspecto particular en el país es la diversidad de instituciones responsables de los recursos genéticos relacionados con la agrobiodiversidad. El SINAREFI fue una iniciativa desarrollada por el Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). En la REMEFI participaron múltiples instituciones, esta iniciativa estuvo a cargo el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT); no obstante, en la actualidad se desarrolla en el país el proyecto “Agrobiodiversidad mexicana” a cargo de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Aunque este factor puede ser una ventaja para alianzas interinstitucionales que aprovechen los recursos económicos y el capital humano interdisciplinar, aun no se consolidan esas alianzas.

Al nivel internacional las investigaciones actuales han demostrado que los países que son centros de domesticación y diversificación tienden a adquirir compromisos más sólidos en relación con sus recursos genéticos ya que dependen de estos en gran medida para su seguridad alimentaria y forman parte de su patrimonio biocultural (Bioversity International, 2019; Juventia et al., 2020).

### **Riesgos frente a un marco de políticas públicas laxo**

Los resultados de esta investigación muestran que la ausencia de compromisos sólidos en los tres sistemas que se analizaron puede influir en el aumento de riesgos (figura 4), en este contexto la agrobiodiversidad juega un doble rol, por un lado, se verá afectada considerablemente, pero a la vez tiene el potencial de contribuir en la resiliencia del sector agroalimentario. A continuación, se discuten los dos principales riesgos del sistema agroalimentario en relación con la falta de compromisos políticos sólidos con relación a la agrobiodiversidad.

El sector agrícola en México está altamente expuesto al cambio climático (Monterroso Rivas et al., 2014). Uno de los mayores impactos serán los cambios en patrones de lluvia (Herrera & Hiscock, 2015) e intensificación de periodos secos, esto tiene una gran impacto en el país, ya que más del 80% de los productores nacionales dependen

de las lluvias y no cuentan con sistemas de riego (INEGI, 2019). La agrobiodiversidad del país es un factor determinante para generar resiliencia ante el cambio climático, principalmente para los pequeños y medianos productores. Un ejemplo son las más de 50 razas de maíz que hay en el país, este germoplasma representa opciones de adaptación y es la base para generar nuevas variedades adaptadas a condiciones climáticas cambiantes (Hellin et al., 2014), también es el caso del frijol (Hernández et al., 2015).

Uno de los mayores riesgos es el aumento de la malnutrición, aunque en el país se hacen esfuerzos en cada gobierno para mejorar las condiciones de seguridad alimentaria del país, aun no se reconoce la importancia de la diversidad agrícola del país para hacer frente a los problemas de malnutrición. Algunas de las propuestas para mitigar esta situación son: promover las cadenas cortas agroalimentarias (FAO, 2016) y promover los mercados agrícolas locales (Eakin et al., 2018) como una estrategia para la recuperación de especies subutilizadas que están desapareciendo de los campos agrícolas y de las dietas actuales. Sin embargo, se requieren de políticas mucho más contundentes para afrontar estos retos.

### **Aportes y limitaciones herramientas semiautomatizadas para el análisis de políticas en el sector agroalimentario**

A pesar de las múltiples ventajas que ofrecen las técnicas semiautomatizadas de minería de texto, aun no se usan con mucha frecuencia para el análisis de políticas públicas. Sin embargo, existen ejemplos a nivel mundial sobre el uso de esta técnica para la formulación de políticas (Ngai & Lee, 2016; Rao & Dey, 2011; Tobback et al., 2018) en la política económica y en el análisis de políticas regionales (Calvo et al., 2018). En lo referente al análisis de políticas en el sector agrícola y alimentario la investigación desarrollada por Juventia et al. (2020) es pionera al analizar de forma sistémica compromisos de políticas nacionales sobre su uso, manejo y conservación agrobiodiversidad. La metodología de las autoras a la vez se basó en el índice de agrobiodiversidad desarrollado por Bioversity International.

La metodología ha demostrado ser eficiente, especialmente al abordar cientos de documentos en varios idiomas y al tener una escala objetiva de medición. Sin embargo, se considera pertinente tener en cuenta los siguientes aspectos para obtener resultados más precisos. En primer lugar, es necesario tener en cuenta los tipos de documentos que se analizan, si se analizan únicamente leyes nacionales es probable que no se obtenga una escala alta en el nivel de compromisos, esto se debe a que las leyes no son tan específicas, y suelen derivarse en políticas públicas y programas para su desarrollo. Por ello se recomienda analizar documentos de las estrategias nacionales, ya que en estos suelen establecerse metas a corto, mediano y largo plazo.

En segundo lugar, es necesario hacer ajustes a la lista de palabras, ya que esto determina en gran medida el éxito de la investigación. Se recomienda hacer un análisis previo de la jerga usada en las leyes y políticas que se estudian y usar la mayor cantidad de sinónimos posibles. En los documentos de políticas se suelen usar muchas siglas, para hacer la lectura menos tediosa y repetitiva, por ello se recomienda incluir estas siglas en la lista de palabras.

Finalmente, la metodología que se planteó para el desarrollo de esta investigación es emergente pero sus fundamentos teóricos y técnicos la configuran como una buena opción para el análisis de políticas en múltiples disciplinas.

## **Conclusiones**

Aunque México es una potencia mundial en agrobiodiversidad, los resultados de los compromisos establecidos en políticas públicas para su uso y conservación no son sólidas. Esto se debe a la conjugación de varios factores: la visión a corto plazo con que son concebidas las políticas públicas que impide la continuidad de programas y apuestas exitosas; la agrobiodiversidad por estar relacionada con la agricultura, con la biodiversidad y con aspectos culturales no está a cargo de una institución específica, aunque esta situación podría representar un opción de sinergias para la creación de compromisos fuertes y duraderos, históricamente ha habido desarticulación institucional.

Ante un marco de políticas laxo el país pierde opciones de resiliencia y sostenibilidad del en el sistema agroalimentario.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen a Stella Juventia y a Roseline Remans (Alliance of Bioversity International and CIAT,) por sus consejos metodológicos en el desarrollo de esta investigación. A los revisores anónimos por sus comentarios que ayudaron a mejorar el manuscrito.

## **Descargos de responsabilidad**

Todos los autores realizaron aportes significativos al documento, están de acuerdo con su publicación y manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

## **Literatura citada**

Aguilar, A., Gutierrez, E., & Seira, E. (2019). The effectiveness of sin food taxes: Evidence from Mexico. *Nutrition EJournal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3510243>

- Altieri, M. (2009). Green desserts: Monocultures and their impacts on biodiversity. En S. Emanuelli, J. Jonsén, & S. Monsalve, Red sugar, green deserts (p. 302). FIAN International, FIAN Sweden, HIC-AL, and SAL. [https://www.researchgate.net/profile/Alberto-Alonso-Fradejas/publication/308778884\\_The\\_human\\_right\\_to\\_food\\_versus\\_the\\_new\\_colonizers\\_of\\_agriculture\\_in\\_Guatemala\\_Sugarcane\\_and\\_african\\_palm/links/57efc15708ae886b89753070/The-human-right-to-food-versus-the-new-colonizers-of-agriculture-in-Guatemala-Sugarcane-and-african-palm.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alberto-Alonso-Fradejas/publication/308778884_The_human_right_to_food_versus_the_new_colonizers_of_agriculture_in_Guatemala_Sugarcane_and_african_palm/links/57efc15708ae886b89753070/The-human-right-to-food-versus-the-new-colonizers-of-agriculture-in-Guatemala-Sugarcane-and-african-palm.pdf)
- Baca del Moral, J., & Cuevas, V. (2018). Desvinculación de las políticas públicas en el campo mexicano. *Andamios*, 15(38), 319-338. <https://doi.org/10.29092/uacm.v15i38.662>
- Barquera, S., & Rivera, J. A. (2020). Obesity in Mexico: Rapid epidemiological transition and food industry interference in health policies. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 8(9), 746-747. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(20\)30269-2](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(20)30269-2)
- Barquera, S., Rivera-Dommarco, J., & Gasca-García, A. (2001). Políticas y programas de alimentación y nutrición en México. *Salud Pública de México*, 43(5), 464-477. <http://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/6342>
- Bartzas, G., & Komnitsas, K. (2020). An integrated multi-criteria analysis for assessing sustainability of agricultural production at regional level. *Information Processing in Agriculture*, 7(2), 223-232. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.09.005>
- Bello-Chavolla, O. Y., Bahena-López, J. P., Antonio-Villa, N. E., Vargas-Vázquez, A., González-Díaz, A., Márquez-Salinas, A., Fermín-Martínez, C. A., Naveja, J. J., & Aguilar-Salinas, C. A. (2020). Predicting mortality due to SARS-CoV-2: A mechanistic score relating obesity and diabetes to COVID-19 outcomes in Mexico. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 28. <https://doi.org/10.1101/2020.04.20.20072223>
- Bioversity International. (2016). *Delhi Declaration on Agrobiodiversity Management*. Bioversity International. [https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user\\_upload/campaigns/ABD\\_Congress\\_India/Delhi\\_Declaration\\_8-12-2016\\_4.pdf](https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user_upload/campaigns/ABD_Congress_India/Delhi_Declaration_8-12-2016_4.pdf)
- Bioversity International. (2017). *Mainstreaming Agrobiodiversity in Sustainable Food Systems Scientific Foundations for an Agrobiodiversity Index*. Bioversity International. [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/80360/Mainstreaming\\_Summary\\_2017.pdf?sequence=1](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/80360/Mainstreaming_Summary_2017.pdf?sequence=1)
- Bioversity International. (2018). *The Agrobiodiversity Index: Methodology Report v.1.0*. Bioversity International. [https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user\\_upload/AA\\_Publications/Methodology\\_Index\\_1.pdf](https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user_upload/AA_Publications/Methodology_Index_1.pdf)
- Bioversity International. (2019). *Agrobiodiversity Index Report 2019: Risk and Resilience*. Bioversity International. <https://hdl.handle.net/10568/100820>
- Boggia, A., Massei, G., Pace, E., Rocchi, L., Paolotti, L., & Attard, M. (2018). Spatial multicriteria analysis for sustainability assessment: A new model for decision making. *In Land Use Policy*, 71, 281-292. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.036>

- Calvo-Gonzalez, O., Eizmendi, A., & Reyes, G. (2018). *Winners Never Quit, Quitters Never Grow: Using Text Mining to Measure Policy Volatility and Its Link with Long-Term Growth in Latin America*. The World Bank. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-8310>
- Casas, A. (2021). Domesticación: Origen y perspectivas sobre la agricultura en Mesoamérica. En G. De la Peña & R. Ávila (Eds.), *Alimentarse: Dimensiones antropológicas e históricas de un hecho cultural total* (pp. 17-36). Universidad de Guadalajara. <https://editorial.udg.mx/gpd-alimentarse-9786075478838.html>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). (2009). *Capital Natural de México. Estado de conservación y tendencias de cambio: Vol. II*. Conabio. <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/7404.pdf>
- Córdova, L., López, P. A., Reyes, P., Villegas, A., Cadena, J., Mera, L. M., Lépiz, R., González, R., & Gámez, O. (2015). *Resultados en conservación, uso y aprovechamiento sustentable de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura*. Asociación Nacional para la Innovación y Desarrollo Tecnológico Agrícola. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232371/Resultados\\_en\\_conservacion\\_uso\\_y\\_aprovechamiento.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232371/Resultados_en_conservacion_uso_y_aprovechamiento.pdf)
- Corrado, C., Elena, T., Giancarlo, R., & Stefano, C. (2019). The role of agrobiodiversity in sustainable food systems design and management. En D. Nandwani (Ed.), *Sustainable development and biodiversity* (pp. 245-271). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96454-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96454-6_9)
- Corvalán, P. A. U., Galván, M. G. R., Martínez, M. L. Z., Díaz, P. P., Casas, A., & Méndez, R. M. (2020). Agrobiodiversity of edible vegetable in the indigenous territory maya-ch'ol Chiapas, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(2), Article 2. <http://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3192>
- DiBonaventura, M. D., Meincke, H., Le Lay, A., Fournier, J., Bakker, E., & Ehrenreich, A. (2018). Obesity in Mexico: Prevalence, comorbidities, associations with patient outcomes, and treatment experiences. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, 11, 1-10. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S129247>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2019a). *Acuerdo por el que se emiten los Lineamientos de Operación del Programa Sembrando Vida*. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5548785&fecha=24/01/2019](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5548785&fecha=24/01/2019)
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2019b). *Decreto por el que se crea el organismo Seguridad Alimentaria Mexicana*. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5548402&fecha=18/01/2019](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5548402&fecha=18/01/2019)
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2019c). *Decreto por el que se emiten los Lineamientos de Operación del Programa de Agromercados Sociales y Sustentables para el ejercicio fiscal 2019*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/451703/Lineamientos\\_de\\_Operacion\\_del\\_Programa\\_de\\_Agromercados\\_Sociales\\_y\\_Sustentables\\_2019.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/451703/Lineamientos_de_Operacion_del_Programa_de_Agromercados_Sociales_y_Sustentables_2019.pdf)
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2020a). *Acuerdo por el que se dan a conocer las Reglas de Operación del Programa de Precios de Garantía a Productos Alimentarios Básicos*. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5587270&fecha=24/02/2020](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5587270&fecha=24/02/2020)

- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2020b). *Ley Federal para el Fomento y Protección del Maíz Nativo*. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5591534&fecha=13/04/2020](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5591534&fecha=13/04/2020)
- Eakin, H., Sweeney, S., Lerner, A. M., Appendini, K., Perales, H., Steigerwald, D. G., Dewes, C. F., Davenport, F., & Bausch, J. C. (2018). Agricultural change and resilience: Agricultural policy, climate trends and market integration in the Mexican maize system. *Anthropocene*, 23, 43-52. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2018.08.002>
- Fernández, A., Martínez, R., Carrasco, I., & Palma, A. (2017). *Impacto social y económico de la doble carga de la malnutrición: Modelo de análisis y estudio piloto en Chile, el Ecuador y México*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/42535-impacto-social-economico-la-doble-carga-la-malnutricion-modelo-analisis-estudio>
- Fernández, I., Leyva-Baca, I., Almeida, F. A. R., Arvizu, R. U., Ramírez, J. G. R., Vázquez, A. G., & Morales, R. A. (2015). Creole cattle from northwestern Mexico has high genetic diversity in the locus DRB3.2. *Información Sobre Recursos Genéticos Animales*, 57, 31-38. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5342064>
- Flores, M., Macías, N., Rivera, M., Lozada, A., Barquera, S., Rivera-Dommarco, J., & Tucker, K. L. (2010). Dietary patterns in Mexican adults are associated with risk of being overweight or obese. *The Journal of Nutrition*, 140(10), 1869-1873. <https://doi.org/10.3945/jn.110.121533>
- Geisen, S., Wall, D. H., & van der Putten, W. H. (2019). Challenges and Opportunities for Soil Biodiversity in the Anthropocene. *Current Biology*, 29(19), R1036-R1044. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.08.007>
- González, J. A., & Cordero, J. M. (2019). Políticas alimentarias y derechos humanos en México. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(53), 1-32. <https://doi.org/10.24836/es.v29i53.657>
- Hajkowicz, S., & Higgins, A. (2008). A comparison of multiple criteria analysis techniques for water resource management. *European Journal of Operational Research*, 184(1), 255-265. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.10.045>
- Hellin, J., Bellon, M. R., & Hearne, S. J. (2014). Maize Landraces and Adaptation to Climate Change in Mexico. *Journal of Crop Improvement*, 28(4), 484-501. <https://doi.org/10.1080/15427528.2014.921800>
- Hernández, E. (2020). Obesity is the comorbidity more strongly associated for Covid-19 in Mexico. A case-control study. *Obesity Research & Clinical Practice*, 14(4), 375-379. <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2020.06.001>
- Hernández-Delgado, S., Muruaga-Martínez, J. S., Vargas-Vázquez, M., Martínez-Mondragón, J., Chavez-Servia, J. L., Gill-Lagarica, H. R., & Mayek-Pérez, N. (2015). Advances in Genetic Diversity Analysis of Phaseolus in Mexico. En M. Caliskan, G. Oz, I. H. Kavakli & B. Ozcan (Eds.), *Molecular Approaches to Genetic Diversity* (pp. 47-73). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/60029>
- Herrera, M., & Hiscock, K. M. (2015). Projected impacts of climate change on water availability indicators in a semi-arid region of central Mexico. *Environmental Science & Policy*, 54, 81-89. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.06.020>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). (2019a). *Encuesta Nacional Agropecuaria 2019*. Inegi. <https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2019/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). (2019b). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018*. Inegi. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ensanut/2018/doc/ensanut\\_2018\\_presentacion\\_resultados.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ensanut/2018/doc/ensanut_2018_presentacion_resultados.pdf)
- Juventia, S., Jones, S., Laporte, M., Remans, R., Villani, C., & Estrada-Carmona, N. (2020). Text Mining National Commitments towards Agrobiodiversity Conservation and Use. *Sustainability*, 12(2), 715. <http://dx.doi.org/10.3390/su12020715>
- Khoury, C. K., Achicanoy, H. A., Bjorkman, A. D., Navarro-Racines, C., Guarino, L., Flores-Palacios, X., Engels, J. M. M., Wiersema, J. H., Dempewolf, H., Sotelo, S., Ramírez-Villegas, J., Castañeda Álvarez, N. P., Fowler, C., Jarvis, A., Rieseberg, L. H., & Struik, P. C. (2016). Origins of food crops connect countries worldwide. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283, 1-9. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2016.0792>
- Khoury, C. K., Amariles, D., Soto, J. S., Diaz, M. V., Sotelo, S., Sosa, C. C., Ramírez-Villegas, J., Achicanoy, H. A., Velásquez-Tibatá, J., Guarino, L., León, B., Navarro-Racines, C., Castañeda-Álvarez, N. P., Dempewolf, H., Wiersema, J. H., & Jarvis, A. (2019). Comprehensiveness of conservation of useful wild plants: An operational indicator for biodiversity and sustainable development targets. *Ecological Indicators*, 98, 420-429. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.016>
- Khoury, C. K., Bjorkman, A. D., Dempewolf, H., Ramirez-Villegas, J., Guarino, L., Jarvis, A., Rieseberg, L. H., & Struik, P. C. (2014). Increasing homogeneity in global food supplies and the implications for food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(11), 4001-4006. <https://doi.org/10.1073/pnas.1313490111>
- Lambrou, Y., & Laub, R. (2007). Gender, Local Knowledge and Lessons Learnt in Documenting and Conserving Agrobiodiversity. En B. Guha-Khasnobis, S. S. Acharya, & B. Davis (Eds.), *Food Insecurity, Vulnerability and Human Rights Failure* (pp 161-194). [https://doi.org/10.1057/9780230589506\\_7](https://doi.org/10.1057/9780230589506_7)
- López, R., & Gallardo, E. (2015). Las políticas alimentarias de México: Un análisis de su marco regulatorio. *Revista Estudios Socio-Jurídicos*, 17(1), 11-39. <http://dx.doi.org/10.12804/esj17.01.2014.01>
- Lundgren, R., Totland, Ø., & Lázaro, A. (2016). Experimental simulation of pollinator decline causes community-wide reductions in seedling diversity and abundance. *Ecology*, 97(6), 1420-1430. <http://www.jstor.org/stable/43967105>
- Mateos-Maces, L., Castillo-González, F., Chávez, J. L., Estrada-Gómez, J. A., & Livera-Muñoz, M. (2016). Manejo y aprovechamiento de la agrobiodiversidad en el sistema milpa del sureste de México. *Acta Agronómica*, 65(4), 413-421. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n4.50984>
- Miner, G., Elder, J., Fast, A., Hill, T., Nisbet, R., & Delen, D. (2012). *Practical text mining and statistical analysis for non-structured text data applications*. Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/c2010-0-66188-8>
- Molina, J. C., & Córdova, L. (2006). *Recursos Fitogenéticos en México para la Alimentación y la Agricultura. Informe nacional 2006*. Secretaría de Agricultura,

- Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) y Sociedad Mexicana de Fitogenética (Somefi). <https://www.fao.org/3/i1500e/Mexico.pdf>
- Monterroso, A. I., Conde, C., Gay García, C., Gómez, D., & López, J. (2014). Two methods to assess vulnerability to climate change in the Mexican agricultural sector. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 19(4), 445-461. <http://dx.doi.org/10.1007/s11027-012-9442-y>
- Ngai, E., & Lee, P. (2016). *A review of the literature on applications of the text mining in policy making*. PACCIS. <https://pdfs.semanticscholar.org/348b/ef63226e9a7c0217182d6b720b4c761cf82b.pdf>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD). (2017). *Obesity Update 2017*. OECD. <http://www.oecd.org/health/obesity-update.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). *Cadenas cortas agroalimentarias*. FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2019a). *Status and trends of animal genetic resources*. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. <http://www.fao.org/3/my867en/my867en.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2019b). *The State of the World's Aquatic Genetic Resources for Food and Agriculture*. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture assessments. <http://www.fao.org/3/CA5256EN/CA5256EN.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2019c). *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture assessments. <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345-353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Rao, G. K., & Dey, S. (2011). Decision Support for e-Governance: A Text Mining Approach. *International Journal of Managing Information Technology*, 3(3), 73-91. <https://doi.org/10.5121/ijmit.2011.3307>
- Tobback, E., Naudts, H., Daelemans, W., Junqué de Fortuny, E., & Martens, D. (2018). Belgian economic policy uncertainty index: Improvement through text mining. *International Journal of Forecasting*, 34(2), 355-365. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2016.08.006>
- Toledo, V. M., & Alarcón-Cháires, P. (2018). *Tópicos bioculturales*. Universidad Nacional Autónoma de México y Red para el Patrimonio Biocultural, Conacyt. <https://patrimoniobiocultural.com/producto/topicos-bioculturales/>
- Torres, F., & Rojas, A. (2018). Obesity and Public Health in Mexico: Transforming the Hegemonic Food Supply and Demand Pattern. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 49(193), 145-169. <https://doi.org/10.22201/ieec.20078951e.2018.193.63185>
- Vázquez, A. C. S., Serrano, E. R., García, M. H., Cruz, A. B., Bermejo, J. V. D., Guerra, F. J. F., & Zepeda, J. S. H. (2002). Estudio de los recursos genéticos de México: Características morfológicas y morfoestructurales de los caprinos nativos de

- Puebla. *Archivos de Zootecnia*, 51(193), 8.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=279940>
- Velasco-Torres, M., Cantellano-Rodríguez, H., & Carmona-Silva, J. (2020). Formas de malnutrición regional en México en el marco de un desarrollo sostenible. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 30(55), 1-23. <https://doi.org/10.24836/es.v30i55.848>
- Vidal, O., & Brusca, R.-C. (2020). Mexico's Biocultural Diversity in Peril. *Revista de Biología Tropical*, 68(2), 669-691. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68i2.40115>
- Villanueva, A. B., Halewood, M., & Noriega, I. L. (2017). Agricultural biodiversity in climate change adaptation planning. *European Journal of Sustainable Development*, 6(2), 1-8. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2017.v6n2p1>
- Zimmerer, K., de Haan, S., Jones, A. D., Creed-Kanashiro, H., Tello, M., Carrasco, M., Meza, K., Plasencia Amaya, F., Cruz-García, G. S., Tubbeh, R., & Jiménez Olivencia, Y. (2019). The biodiversity of food and agriculture (Agrobiodiversity) in the Anthropocene: Research advances and conceptual framework. *Anthropocene*, 25, 100192. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2019.100192>
- Zimmerer, K., & Haan, S. (2017). Agrobiodiversity and a sustainable food future. *Nature Plants*, 3, 17. <https://doi.org/10.1038/nplants.2017.47>

# CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE LAS ACCIONES QUE SE IMPLEMENTAN EN MÉXICO PARA LA CONSERVACIÓN Y USO SOSTENIBLE DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN EL SISTEMA AGROALIMENTARIO

## Resumen

La agrobiodiversidad enfrenta un proceso de pérdida en todas las latitudes, el cambio climático, la homogenización de los agroecosistemas, los cambios socioculturales y la pérdida paulatina del conocimiento tradicional de las especies locales son factores que se combinan negativamente y aceleran drásticamente esta pérdida. Ante este panorama es fundamental medir la agrobiodiversidad bajo parámetros científicos que permitan tomar decisiones basadas en evidencia. El objetivo de esta investigación fue analizar las acciones que se realizan en México en pro de la conservación y uso sostenible de la agrobiodiversidad en el sistema agroalimentario. Se usó como marco metodológico el Índice de Agrobiodiversidad. Los resultados mostraron que México tiene un Índice de Acciones en Agrobiodiversidad muy alto (88.9/100), el puntaje del sistema de dietas saludables y de conservación fue muy alto (100/100), mientras el sistema agrícola presentó un puntaje alto (66.9). Se requiere la implementación de políticas sólidas en el sector agroalimentario que tiendan a crear sinergias, diversificar el sistema y cumplir con los objetivos de seguridad alimentaria.

**Palabras clave:** Biodiversidad agrícola, Índice de Agrobiodiversidad, Sistema agrícola, Sistema alimentario

## Abstract

Agrobiodiversity faces a process of loss in all latitudes, climate change, the homogenization of agroecosystems, sociocultural changes, and the gradual loss of traditional knowledge of local species are factors that combine negatively and drastically accelerate this loss. Given this scenario, it is essential to measure agrobiodiversity under scientific parameters that allow evidence-based decisions to be made. The objective of this research was to analyze the actions carried out in Mexico for the conservation and sustainable use of agrobiodiversity in the agrifood system. The Agrobiodiversity Index was used as a methodological framework. The results showed that Mexico has a high Agrobiodiversity Actions Index (86/100), actions in the food system and genetic resources were very high (100/100), while the agricultural system was moderate (58.1/100). The implementation of solid policies in the agri-food sector

that tend to create synergies, diversify the system, and meet food security objectives is required.

**Key words:** agricultural biodiversity, agricultural system, Agrobiodiversity Index, food system.

## Introducción

El contexto mundial actual enmarcado en gran medida por crisis globales como cambio climático, límites planetarios rebasados y la pandemia provocada por el SARS-CoV-2, exigen medidas políticas, económicas y ambientales profundas (Gerten et al., 2020; López-Ridaura et al., 2021; O'Neill et al., 2018; Steffen et al., 2015). El sector agroalimentario no es ajeno a estas condiciones ya que contribuye a estas problemáticas (Campbell et al., 2017; Conijn et al., 2018; Lanz et al., 2018) y a la vez es afectado grandemente por sus consecuencias: pérdida de cosechas, bajos rendimientos en la producción y aumento de los precios de los alimentos (Brás et al., 2021; Carter et al., 2018; Meijl et al., 2018; Poudel et al., 2020).

Ante este contexto, los paradigmas del sistema agroalimentario se reestructuran lentamente hacia una transición sostenible (FAO, 2018; Pretty et al., 2018; Rockström et al., 2017; Tamburini et al., 2020; Velten et al., 2015). La agrobiodiversidad es un factor clave para la construcción de esta sostenibilidad en sus múltiples dimensiones (Baumgärtner & Quaas, 2010; Corrado et al., 2019; Love & Spaner, 2007; Villanueva et al., 2017; Zimmerer & Haan, 2017). A pesar de su importancia mundial, actualmente los recursos fitogenéticos, zoogenéticos, acuáticos presentan múltiples amenazas (FAO, 2019a, 2019b, 2019c; Khoury et al., 2021). Otros componentes de la agrobiodiversidad también están en riesgo como la biodiversidad asociada, particularmente polinizadores (Dicks et al., 2021; Rhodes, 2018), así como pérdida de biodiversidad en suelos agrícolas (FAO, 2020) y parientes silvestres asociados a la agricultura (Khoury et al., 2019; Reilly et al., 2020; Vincent et al., 2019). A esto se suma la pérdida de los conocimientos sobre el uso y manejo de la agrobiodiversidad que se han transmitido de manera intergeneracional por siglos (Escárraga et al., 2020; Lambrou & Laub, 2007). La conjugación de estas condiciones limita las estrategias de resiliencia de los productores y aumenta los riesgos del sistema agroalimentario en todos los niveles.

México se destaca a nivel global por ser uno de los países con mayor riqueza biocultural (Toledo et al., 2019; Toledo & Alarcón, 2018), las sinergias entre estos dos factores ha dado como resultado que el país sea uno de los centros mundiales de origen, domesticación y diversificación de especies de uso agrícola de importancia mundial (Casas, 2021; Casas et al., 2019) además cuenta con un alto número de parientes silvestres con alto potencial (Contreras et al., 2018; De La Torre et al., 2018;

Maxted & Vincent, 2021). La agrobiodiversidad ha sido piedra angular del sistema agroalimentario mexicano, sin embargo, se ha visto afectada profundamente por la homogenización agrícola y alimentaria, la erosión de los recursos genéticos, los procesos de aculturación y la falta de políticas públicas permanentes enfocadas en su conservación y uso sostenible (SNICS, 2020).

Aunque la agrobiodiversidad se ha incluido en las agendas globales y nacionales, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el Convenio de diversidad Biológica y las Metas de Aichi (United Nations, 2021). Aún existe insuficiente información científica que permita tomar decisiones profundas para mejorar su uso sostenible y conservación. A nivel teórico, en la última década se han creado nuevos marcos sobre la agrobiodiversidad, estos han profundizado en la agrobiodiversidad como un puente entre los sistemas agrícolas, alimentarios y socioculturales. También se configura en un eje transversal para mejorar la resiliencia local y global y los medios de vida de las poblaciones locales, así como hacer frente al cambio climático y la erosión de los recursos genéticos asociados a la agricultura (Zimmerer et al., 2019; Zimmerer & Haan, 2017). Estas transformaciones teóricas y la necesidad de marcos metodológicos basados en argumentos científicos y fáciles de comprender para todos los sectores de la sociedad, han impulsado la construcción del actual Índice de Agrobiodiversidad (Bioversity International, 2016, 2017, 2018, 2019). En este contexto surge esta investigación cuyo propósito central fue responder la pregunta: ¿qué acciones se realizan en México con pro de la conservación y uso sostenible de agrobiodiversidad en el sistema agroalimentario?

## **Metodología**

Esta investigación se desarrolló con base en la herramienta Índice de Agrobiodiversidad (IAB) Vol. 1 desarrollada por Bioversity International (Bioversity International, 2018) y la segunda versión desarrollada por Jones et al., (2021). Esta herramienta surge con el objetivo de medir la agrobiodiversidad de manera sistémica a nivel nacional, en tres sistemas: alimentario, agrícola y de conservación, y se enfoca en medir tres aspectos: compromisos, acciones y estado en tres sistemas. Debido a la complejidad de la metodología y con el objetivo de hacer análisis profundos esta investigación se centra en medir las acciones.

Las acciones miden el cumplimiento de los compromisos de los países respecto al uso sostenible y conservación de la agrobiodiversidad. Se adaptó la metodología desarrollada por la FAO sobre Directrices para la Preparación de Informes Nacionales sobre el Estado de la Biodiversidad Mundial para la Alimentación y la Agricultura (SoW-BFA por sus siglas en inglés). Se midieron 4 indicadores y 10 variables, como se indica en la (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Indicadores, variables y fuentes de información para medir acciones

Sistema	Indicadores	Variables	Descripción de variables y umbrales	Fuente de información
Alimentario	Prácticas de gestión en apoyo a la agrobiodiversidad	Políticas o pautas que conducen a dietas diversificadas	Presencia (1) Ausencia (0) de guías alimentarias a nivel nacional	Guías alimentarias y de actividad física INSP & ANM, (2015)
		Aplicación del Sistema de advertencia nutricional	Presencia (1) Ausencia (0) de Normas nacionales sobre etiquetado frontal de alimentos	Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM- 051-SCFI/SSA1-2010 DOF, (2020a)
		Recursos para facilitar la adopción de dietas diversas	Presencia (1), ausencia (0) de tablas nacionales de composición de alimentos	Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, (2016)
Agrícola	Prácticas basadas en biodiversidad	Diversificación a través de sistemas integrados de cultivos y ganado	Porcentaje de tierra agrícola con sistemas integrados de cultivos y ganadería. Con resolución espacial de 10x 10 km (0-100)	Extensiones de pastos y tierras de cultivo (Ramankutty et al., 2008)
		Manejo integrado de nutrición vegetal	Inverso del Índice de gestión sostenible del Nitrógeno (-79,49; 0) **	Environmental Performance Index Wendling et al., (2020)
		Cobertura arbórea en tierra agrícola	Porcentaje de cobertura arbórea en tierras agrícolas (0; 30)	Cobertura arbórea en tierras agrícolas (Zomer et al., 2016)
		Agricultura orgánica	Porcentaje de tierra agrícola bajo	Indicadores de uso de tierra

	Prácticas que promueven la agrobiodiversidad		agricultura orgánica (0; 100)	2019 (FAO, 2022) ****
		Agricultura de conservación	% de tierra agrícola arable bajo agricultura de conservación (0-100)	Datos de agricultura arable en Sistema de Registro CIMMYT México* y Superficie Tierra arable (FAO, 2021a)
		Uso evitado de pesticidas	Inverso de pesticidas usados por hectárea en tierras de cultivo (-28.0; 0) **	FAOSTAT. Indicadores de pesticidas 2019 (FAO, 2022) ****
Conservación	Prácticas que promueven la agrobiodiversidad en el sistema de conservación de recursos genéticos	Informes internacionales sobre recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura	% de indicadores notificados en el Sistema Mundial de Información y Alerta Temprana sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (0; 100)	El Sistema Mundial de Información y Alerta Temprana sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2021d)

\*Fuentes de información no incluidas en el IAB \*\*Variables con direccionalidad negativa \*\*\* Variable nueva en esta investigación y no incluida en el IAB \*\*\*\*Fuente de datos actualizados respecto al IAB

**Fuente:** Adaptado de Bioersivity International (2018) y Jones et al., (2021)

Para determinar los datos de agricultura de conservación únicamente se incluyó el área de uso agrícola (24,6 millones de ha), excluyendo el área pecuaria y forestal (SADER & SIAP, 2020).

Respecto a la metodología original se realizaron los siguientes cambios: se incluyó una nueva variable en el sistema alimentario “ Aplicación del Sistema de advertencia nutricional”; para medir la variable “ agricultura de conservación” se tomaron fuentes de información diferentes a las recomendadas por el IAB. Así mismo se actualizaron las fuentes para las variables “agricultura orgánica” y “uso evitado de pesticidas”

Se usó la metodología del promedio de la suma ponderada basada en el Análisis de Criterios Múltiples Bartzas & Komnitsas, 2020; Boggia et al., 2018), con esta técnica se obtienen varias ventajas: es posible hacer comparable múltiples tipos de datos,

todas las variables e indicadores tienen el mismo peso de importancia, son fáciles de interpretar por un público no experto, y se pueden enfocar los resultados en la toma de decisiones.

La medición de las acciones se realizó en tres fases. En primer lugar, obtuvieron las métricas de las variables en bruto, basados en las fuentes de información y umbrales que recomienda la metodología. Posteriormente se normalizaron los datos de cada variable en una escala de 0-100 y finalmente para obtener los datos de los indicadores y los sistemas analizados se realiza un promedio ponderado.

Se usaron las siguientes ecuaciones:

$$\text{Normalización de las variables} = \frac{X - \min(X)}{\max(X) - \min(X)} \times 100$$

X= valor bruto del subindicador

min (X) y max (X) son los umbrales establecidos para cada subindicador.

$$\text{Puntaje de los indicadores} = \frac{\sum m(i) S_j}{\text{Número de mediciones en } i}$$

S= puntaje estandarizado de la medición; m = medición (variable); i = indicador

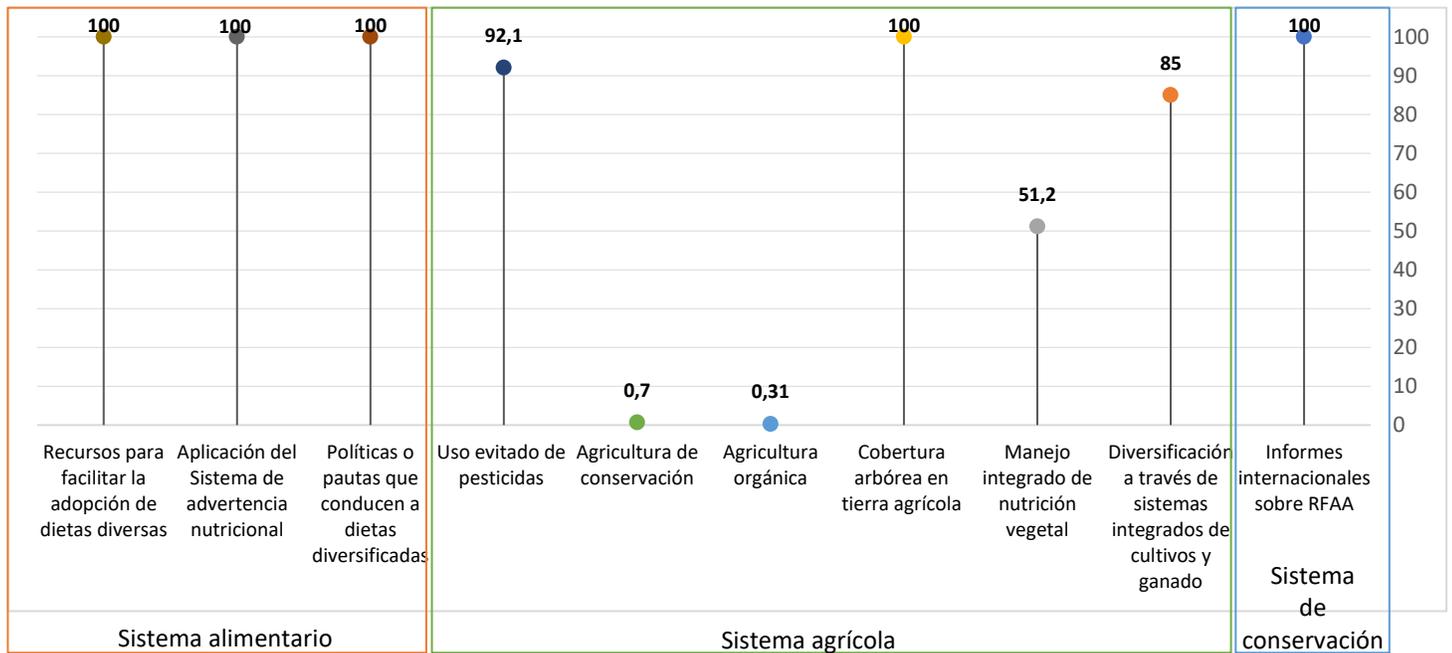
$$\text{Índice de Acciones en Agrobiodiversidad} = \frac{\sum Acc(s) S}{\text{Número de sistemas medidos}}$$

Acc= acciones; s= sistema; P= puntaje del sistema

Las puntuaciones para el índice, los indicadores y las variables se dividieron en muy bajas (0-20), bajas (21-40), moderadas (41-60), altas (61-80) y muy altas (81-100).

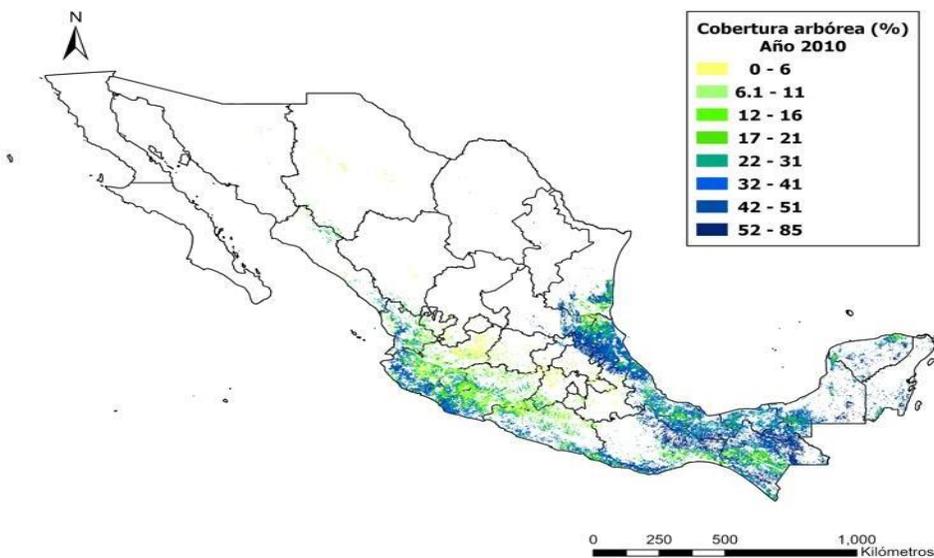
## Resultados

El índice de Acciones en Agrobiodiversidad para México es muy alto (88.9/100) el puntaje del sistema de dietas saludables y de conservación fue muy alto (100/100), mientras el sistema agrícola presentó un puntaje alto (66.9), destacan negativamente los bajos puntajes en agricultura orgánica y agricultura de conservación. En la figura 1 se indican los puntajes para las variables que se midieron.



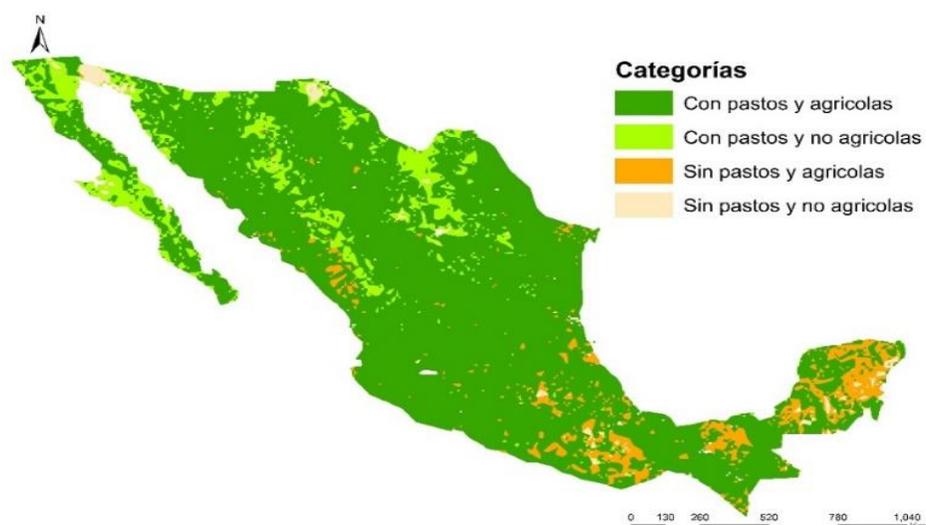
**Figura1** . Resultados de los sistemas y variables analizadas para medir las acciones  
**Fuente:** elaborado por los autores

Los datos espaciales muestran que la cobertura de árboles en cultivos se distribuye principalmente en los estados de Veracruz, Tabasco, Oaxaca, Chiapas, Guerrero, Colima, Michoacán y Jalisco (Figura 2)



**Figura 2.** Cobertura de árboles en tierras de uso agrícola .  
**Fuente:** Elaboración de los autores con datos de (Ramankutty et al., 2008)

La diversificación a través de sistemas integrados de pastos y cultivos cubre un 85% de las tierras nacionales para uso agrícola, las concentraciones principales se encuentran en el centro del país (Figura 3). Eso significa que en la resolución espacial usada se integraron en algún porcentaje pastos y cultivos.



**Figura 3.** Cobertura de pastos y cultivos en tierras agrícolas .

**Fuente:** Elaboración de los autores

## Discusión

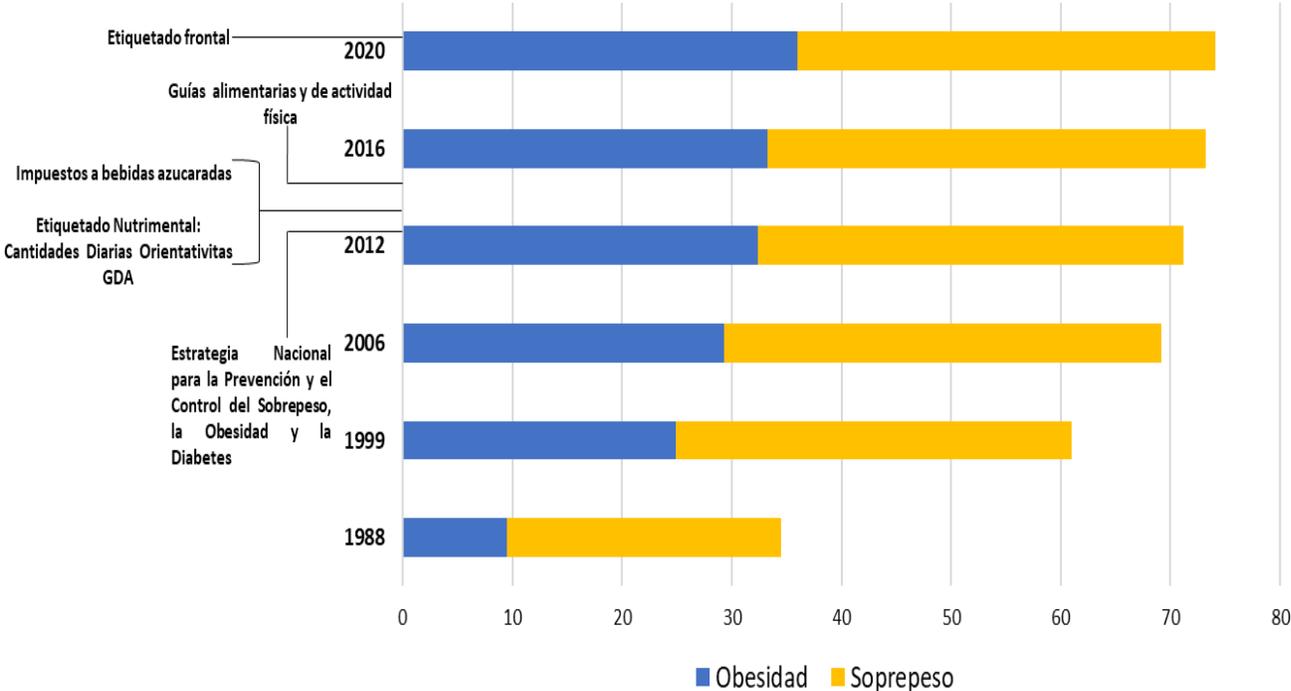
Aunque los resultados de este estudio muestran un alto nivel de acciones de parte del estado para promover la agrobiodiversidad en el sistema alimentario, éstos deben leerse e interpretarse con moderación. Las tres variables que se bordan en esta investigación representan dos de las estrategias principales a nivel mundial para hacer frente a la crisis de salud pública que representa la obesidad, sobrepeso y enfermedades directamente relacionadas con la alimentación. Un aspecto que no se aborda lo suficiente es la promoción de la agrobiodiversidad nacional, las acciones están más dirigidas en prevenir una mala alimentación que en promover alimentos locales, nutritivos y diversos (Vandevijvere et al., 2019) .

El principal enfoque está en las estrategias educativas y pedagógicas para a brindar a los ciudadanos información que fomenten mejores decisiones sobre dietas saludables y por el otro la regulación a la industria alimentaria. Estas dos recientes iniciativas ha sido impulsadas a pesar de una fuerte oposición por sectores de la industria de alimentos y en las decisiones políticas ha primado la evidencia científica (Crosbie et al., 2020; White & Barquera, 2020).

Algunas acciones políticas como el impuesto a las bebidas azucaradas (implementadas desde 2014) han demostrado una disminución en la compra y

consumo en el país (Colchero et al., 2016; James et al., 2020; Ng et al., 2019; Sánchez et al., 2020). Por otro lado, el etiquetado frontal (que implica entre otras cosas la regulación de márketing dirigida a niños), aunque es de reciente implementación se proyectan impactos en la reducción de consumo de productos con alto contenido de calorías, azúcares, grasas saturadas y sodio (Basto-Abreu et al., 2020; Cruz-Casarrubias et al., 2021).

El mayor desafío de estas acciones políticas es evidenciar cambios sustanciales en los hábitos alimenticios en los ciudadanos que se traduzcan bajos índices de obesidad y sobrepeso. A primera vista las cifras revelan poca incidencia de las políticas, en la Figura 4 se observa como los índices de obesidad y sobrepeso han aumentado progresivamente desde la década de los 80’s hasta el 2020.



**Figura 4.** Prevalencia de obesidad y sobrepeso en México y principales políticas realizadas históricamente por el estado para mejorar las condiciones de salud relacionadas con la alimentación en la población

**Fuente:** Instituto Nacional de Salud Pública, (2000, 2006, 2012, 2016, 2021)

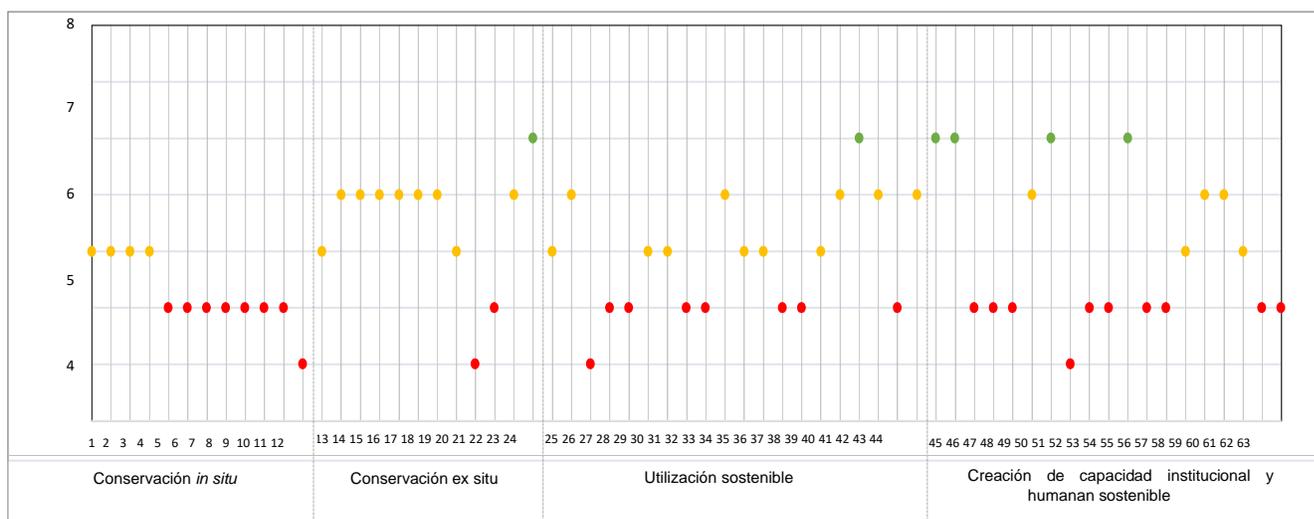
Sin embargo, un problema tan complejo requiere lecturas profundas. En primer lugar, las medidas más sólidas como el etiquetado frontal y el impuesto a bebidas azucaradas son de reciente implementación, por lo tanto, se requiere un mayor lapso de tiempo para identificar los impactos deseados. En segundo lugar, tanto las medidas

de educación como las de regulación buscan en algún grado incidir y modificar las decisiones de las personas, eso implica cambios estructurales que requieren persistencia e intervenciones multidimensionales a nivel federal, estatal y municipal (Basto-Abreu et al., 2020; Rivera et al., 2018). Y en tercer lugar se necesitan estudios de seguimiento a mediano y largo plazo que implica costos altos.

El sistema agrícola de México en relación con la agrobiodiversidad presenta aspectos críticos como la baja superficie de agricultura orgánica y la agricultura de conservación. Por otro lado, resaltan las acciones sobre el manejo de nutrición vegetal, y el uso excesivo evitado de control químico se encuentran por encima de la media (la media está representada por la investigación realizada por Jones et al., (2021) en 80 países de los 5 continentes.

Aunque en México se implementan periódicamente estrategias y compromisos de política pública, pocas de éstas se han enfocado en mejorar o aumentar la agrobiodiversidad en el sistema agrícola (Oyosa, 2014). El programa Sembrando Vida va hacia otra dirección, este programa tiene como objetivo establecer 1.075.000 de hectáreas bajo sistemas de producción agroforestal entre 2019-2024 (DOF, 2020b). Eso implicará un incremento del 100%, ya que las cifras oficiales muestran que la superficie de café y cacao actuales son 774.395 ha (SIAP, 2020). Si se cumplen con los objetivos planteados en esta estrategia, es posible desarrollar múltiples co-beneficios con el potencial de mejorar las acciones frente al uso y conservación de la agrobiodiversidad en el sistema agrícola a nivel nacional, en aspectos como: biodiversidad del suelo, agricultura orgánica, agricultura de conservación, polinizadores, diversificación de productos en las unidades agrícolas (Beillouin et al., 2019, 2021; Letourneau et al., 2011; Tamburini et al., 2020).

En cuanto al sistema de conservación de recursos genéticos, México reportó un 100% de los indicadores del Sistema Mundial de Información y Alerta Rápida sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (WIEWS por sus siglas en inglés), sin embargo, como se indica en la Figura 5, 28 de los 63 indicadores tienen un puntaje bajo (1-3), 29 de los indicadores están en un nivel medio (4 y 5), mientras 6 indicadores presentan un nivel alto (6-8).



**Figura 5.** Indicadores reportados por México en Sistema Mundial de Información y Alerta Rápida sobre los recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura

Los datos reportados en este portal son parte del Segundo Plan de Acción Mundial para los RFAA elaborados en 2011, en relación con los recientes datos del Informe Nacional sobre Recursos Fitogenéticos (SNICS, 2020) se presentan algunos cambios: en cuanto a conservación *in situ*, se desarrollaron nuevas estrategias como los bancos comunitarios de semillas, aumentaron los procesos de mejoramiento participativo en el país, así como las áreas naturales protegidas del país. Se hace necesario reforzar acciones de conservación *in situ* de 52 especies que reportan un grado de riesgo que están asociadas directamente con el sistema agrícola.

Particularmente los parientes silvestre asociados a la agricultura requieren de estrategias *in situ* de conservación, por su potencial en el sistema agroalimentario y por las múltiples amenazas que presentan actualmente (Contreras et al., 2018; De La Torre et al., 2018; Goettsch et al., 2021; Mastretta-Yanes et al., 2019; Tobón et al., 2019).

En cuanto a acciones de conservación *ex situ* aumentaron las colecciones de conservación de germoplasma en cuartos fríos, se requiere fortalecer acciones para conservar colecciones de campo, así como aumentar las colecciones a largo plazo.

La utilización sostenible de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (RFAA), especialmente en especies subutilizadas en el país, se fortaleció gracias a las acciones del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la agricultura (SINAREFI). Aumentaron los registros de mejoramiento

genético, en cultivos de maíz, frijol y chiles. Es necesario crear los mecanismos para la ampliación de producción y distribución de semillas de calidad por parte de las instituciones nacionales.

La capacidad institucional respecto a los RFAA aumentó en más del 50%, se creó el Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) y el SINAREFI. Se han creado nuevos sistemas de información sobre RFAA en el país, como la plataforma BanGerMex así como el Sistema de información de la Agrobiodiversidad que actualmente está en desarrollo.

Una limitante en los cuatro aspectos evaluados en el sistema de conservación de recursos genéticos es la falta de continuidad en programas que han sido exitosos y que han impulsado significativamente el uso y conservación de los RFAA en el país.

Las acciones en el sistema agrícola, alimentario y de conservación que se abordan en esta investigación suelen realizarse sin espacios para sinergias, esto se debe entre otras cosas a los pocos espacios de diálogo que hay entre las instituciones públicas y privadas encargadas de administrar cada sistema. Esta desarticulación ha sido un problema histórico en el sistema agroalimentario y es uno de los principales retos para afianzar acciones profundas en pro de la conservación y uso sostenible de la agrobiodiversidad.

## **Conclusiones**

Las acciones que se han tomado para mejorar el uso y conservación de la agrobiodiversidad en el país son altas. En el sistema alimentario las acciones son sólidas, las principales políticas públicas para mejorar y diversificar las dietas se han creado en los últimos cinco años, por lo que se requiere de mayor tiempo e investigación para evidenciar un cambio en los patrones de consumo de la población. Se evidencia que en este sistema las acciones están más enfocadas en desincentivar dietas no saludables que en promover directamente dietas diversas. Las acciones en el sistema agrícola son altas destacan aspectos positivos como el uso excesivo evitado de mecanismos de control químico, así como el manejo integrado de nutrición vegetal, en contraste las acciones sobre la agricultura orgánica y la agricultura de conservación son bajas, en el actual sexenio se implementan algunas estrategias con el potencial de contribuir sistemáticamente a múltiples acciones para mejorar la agrobiodiversidad en el sistema agrícola. Finalmente, en el sistema de recursos genéticos se han tomado acciones sólidas, sin embargo, se requiere mejorar la constancia y la inversión económica en los programas e instituciones relacionados con el sector de recursos genéticos.

**Acknowledgements.** We are grateful to Sarah Jones (Alliance of Bioversity International and CIAT), for her methodological advice in the development of this research.

**Funding.** The work did not receive external funding

**Conflict of interest.** The authors declare that there are no known competing financial or personal interests associated with this publication.

**Compliance with ethical standards.** The research presents original data that are not submitted to other journals at the same time.

**Data availability.** Data are available with the corresponding author (escarragalaura@gmail.com) upon reasonable request.

## Literatura citada

- Bartzas, G., & Komnitsas, K. (2020). An integrated multi-criteria analysis for assessing sustainability of agricultural production at regional level. *Information Processing in Agriculture*, 7(2), 223–232. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.09.005>
- Basto-Abreu, A., Torres-Álvarez, R., Reyes-Sánchez, F., González-Morales, R., Canto-Osorio, F., Colchero, M. A., Barquera, S., Rivera, J. A., & Barrientos-Gutierrez, T. (2020). Predicting obesity reduction after implementing warning labels in Mexico: A modeling study. *PLOS Medicine*, 17(7), e1003221. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003221>
- Baumgärtner, S., & Quaas, M. (2010). Managing increasing environmental risks through agrobiodiversity and agrienvironmental policies. *Agricultural Economics*, 41(5), 483–496. [https://econpapers.repec.org/article/blaagecon/v\\_3a41\\_3ay\\_3a2010\\_3ai\\_3a5\\_3ap\\_3a483-496.htm](https://econpapers.repec.org/article/blaagecon/v_3a41_3ay_3a2010_3ai_3a5_3ap_3a483-496.htm)
- Beillouin, D., Ben-Ari, T., & Makowski, D. (2019). Evidence map of crop diversification strategies at the global scale. *Environmental Research Letters*, 14(12), 123001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab4449>
- Beillouin, D., Ben-Ari, T., Malézieux, E., Seufert, V., & Makowski, D. (2021). Positive but variable effects of crop diversification on biodiversity and ecosystem services. *Global Change Biology*, 27(19), 4697–4710. <https://doi.org/10.1111/gcb.15747>
- Bioversity International. (2016). *Delhi Declaration on Agrobiodiversity Management*. [https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user\\_upload/campaigns/ABD\\_Congress\\_India/Delhi\\_Declaration\\_8-12-2016\\_4.pdf](https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user_upload/campaigns/ABD_Congress_India/Delhi_Declaration_8-12-2016_4.pdf)
- Bioversity International. (2017). *Mainstreaming agrobiodiversity in sustainable food systems: Scientific foundations for an agrobiodiversity index*. Bioversity International. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/89049>

- Bioversity International. (2018). *The Agrobiodiversity Index: Methodology Report v.1.0*. Bioversity International. [https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user\\_upload/AA\\_Publications/Methodology\\_Index\\_1.pdf](https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user_upload/AA_Publications/Methodology_Index_1.pdf)
- Bioversity International. (2019). *Agrobiodiversity Index Report 2019: Risk and Resilience*. Bioversity International. <https://hdl.handle.net/10568/100820>
- Boggia, A., Massei, G., Pace, E., Rocchi, L., Paolotti, L., & Attard, M. (2018). Spatial multicriteria analysis for sustainability assessment: A new model for decision making. *Land Use Policy*, 71, 281–292. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.036>
- Brás, T. A., Seixas, J., Carvalhais, N., & Jägermeyr, J. (2021). Severity of drought and heatwave crop losses tripled over the last five decades in Europe. *Environmental Research Letters*, 16(6), 065012. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abf004>
- Campbell, B., Beare, D., Bennett, E., Hall-Spencer, J., Ingram, J., Jaramillo, F., Ortiz, R., Ramankutty, N., Sayer, J., & Shindell, D. (2017). Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and Society*, 22(4). <https://doi.org/10.5751/ES-09595-220408>
- Carter, C., Cui, X., Ghanem, D., & Mérel, P. (2018). Identifying the Economic Impacts of Climate Change on Agriculture. *Annual Review of Resource Economics*, 10(1), 361–380. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100517-022938>
- Casas, A. (2021). Domesticación: Origen y perspectivas sobre la agricultura en Mesoamérica. En G. De la Peña & R. Ávila (Eds.), *Alimentarse: Dimensiones antropológicas e históricas de un hecho cultural total* (pp. 17–36). Universidad de Guadalajara. <https://editorial.udg.mx/gpd-alimentarse-9786075478838.html>
- Casas, A., Torres-García, I., Parra, F., & Torres, J. (2019). Centros de origen y diversificación de plantas cultivadas en América. En J. Torres-Guevara, F. Parra, A. Casas y A. Cruz (Eds.), *De los cultivos nativos y el cambio del clima- Hallazgos (Huánuco y Apurímac)* (pp. 23–56). Universidad Nacional Agraria La Molina [https://www.researchgate.net/publication/333802851\\_De\\_los\\_cultivos\\_nativos\\_y\\_el\\_cambio\\_del\\_clima\\_Hallazgos\\_Huanuco\\_y\\_Apurimac](https://www.researchgate.net/publication/333802851_De_los_cultivos_nativos_y_el_cambio_del_clima_Hallazgos_Huanuco_y_Apurimac)
- Colchero, M. A., Guerrero-López, C. M., Molina, M., & Rivera, J. A. (2016). Beverages Sales in Mexico before and after Implementation of a Sugar Sweetened Beverage Tax. *PLOS ONE*, 11(9), e0163463. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163463>
- Conijn, J. G., Bindraban, P. S., Schröder, J. J., & Jongschaap, R. E. E. (2018). Can our global food system meet food demand within planetary boundaries? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 251, 244–256. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.001>
- Contreras, A., Cortes-Cruz, M., Costich, D., Rico-Arce, M., Brehm, J., & Maxted, N. (2018). A Crop Wild Relative Inventory for Mexico. *Crop Science*, 58, 1292. <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.07.0452>
- Corrado, C., Elena, T., Giancarlo, R., & Stefano, C. (2019). The Role of Agrobiodiversity in Sustainable Food Systems Design and Management. En D. Nandwani (Ed.), *Genetic Diversity in Horticultural Plants* (pp. 245–271). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96454-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96454-6_9)

- Crosbie, E., Carriedo, A., & Schmidt, L. (2020). Hollow Threats: Transnational Food and Beverage Companies' Use of International Agreements to Fight Front-of-Pack Nutrition Labeling in Mexico and Beyond. *International Journal of Health Policy and Management*, 0. <https://doi.org/10.34172/ijhpm.2020.146>
- Cruz-Casarrubias, C., Tolentino-Mayo, L., Vandevijvere, S., & Barquera, S. (2021). Estimated effects of the implementation of the Mexican warning labels regulation on the use of health and nutrition claims on packaged foods. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 18(1), 76. <https://doi.org/10.1186/s12966-021-01148-1>
- De La Torre, J. F., González S., R., Cruz G., E. J., Pichardo G., J. M., Quintana C., M., Contreras T., A. R., & Cadena I., J. (2018). Crop Wild Relatives in Mexico: An Overview of Richness, Importance, and Conservation Status. En S. L. Greene, K. A. Williams, C. K. Khoury, M. B. Kantar, & L. F. Marek (Eds.), *North American Crop Wild Relatives, Volume 1: Conservation Strategies* (pp. 63–96). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-95101-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-95101-0_3)
- Dicks, L. V., Breeze, T. D., Ngo, H. T., Senapathi, D., An, J., Aizen, M. A., Basu, P., Buchori, D., Galetto, L., Garibaldi, L. A., Gemmill-Herren, B., Howlett, B. G., Imperatriz-Fonseca, V. L., Johnson, S. D., Kovács-Hostyánszki, A., Kwon, Y. J., Lattorff, H. M. G., Lungharwo, T., Seymour, C. L., ... Potts, S. G. (2021). A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline. *Nature Ecology & Evolution*, 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01534-9>
- DOF. (2020a). *Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010. Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria, publicada el 5 de abril de 2010.* [https://www.dof.gob.mx/2020/SEECO/NOM\\_051.pdf](https://www.dof.gob.mx/2020/SEECO/NOM_051.pdf)
- DOF. (2020b). *Reglas de Operación del Programa Sembrando Vida, para el ejercicio fiscal 2021.* [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5608917&fecha=28/12/2020](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5608917&fecha=28/12/2020)
- Escárraga, L. J. E., Gutierrez, E., Etten, J. V., Ramirez, F. R., & Sibelet, N. (2020). ¿Por qué se pierde la agrobiodiversidad?: Caso de la chagra inga en la Amazonía colombiana. *Mundo Amazónico*, 11(1), 11–38. <https://doi.org/10.15446/ma.v11n1.82839>
- FAO. (2018). *Transforming food and agriculture to achieve the SDGs. 20 interconnected actions to guide decision-makers.* <http://www.fao.org/3/I9900EN/i9900en.pdf>
- FAO. (2019a). *Status and trends of animal genetic resources* (p. 31). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. <http://www.fao.org/3/my867en/my867en.pdf>
- FAO. (2019b). *The State of the World's Aquatic Genetic Resources for Food and Agriculture* (p. 251). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture assessments. <http://www.fao.org/3/CA5256EN/CA5256EN.pdf>
- FAO. (2019c). *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture* (p. 530). FAO. <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>

- FAO. (2020). *State of knowledge of soil biodiversity – Status, challenges and potentialities, Summary for policy makers*. <http://www.fao.org/3/cb1929en/cb1929en.pdf>
- FAO. (2021a). *AQUASTAT - FAO's Global Information System on Water and Agriculture*. <https://www.fao.org/aquastat/en/databases/maindatabase>
- FAO. (2022). *FAOSTAT. Land use indicators*. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/EL>
- FAO. (2022). *FAOSTAT. Pesticides indicators*. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/EP>
- FAO. (2021d). *WIEWS - World Information and Early Warning System on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. <http://www.fao.org/wiews/es/>
- Gerten, D., Heck, V., Jägermeyr, J., Bodirsky, B. L., Fetzer, I., Jalava, M., Kummu, M., Lucht, W., Rockström, J., Schaphoff, S., & Schellnhuber, H. J. (2020). Feeding ten billion people is possible within four terrestrial planetary boundaries. *Nature Sustainability*, 3(3), 200–208. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0465-1>
- Goettsch, B., Urquiza-Haas, T., Koleff, P., Acevedo Gasman, F., Aguilar-Meléndez, A., Alavez, V., Alejandro-Iturbide, G., Aragón Cuevas, F., Azurdia Pérez, C., Carr, J. A., Castellanos-Morales, G., Cerén, G., Contreras-Toledo, A. R., Correa-Cano, M. E., De la Cruz Larios, L., Debouck, D. G., Delgado-Salinas, A., Gómez-Ruiz, E. P., González-Ledesma, M., ... Jenkins, R. K. B. (2021). Extinction risk of Mesoamerican crop wild relatives. *PLANTS, PEOPLE, PLANET*, 3(6), 775–795. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10225>
- Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. (2016). *Tablas de composición de alimentos y productos alimenticios*. [https://www.incmnsz.mx/2019/TABLAS\\_ALIMENTOS.pdf](https://www.incmnsz.mx/2019/TABLAS_ALIMENTOS.pdf)
- Instituto Nacional de Salud Pública. (2000). *Encuesta Nacional de Nutrición 1999*. [https://datos.gob.mx/busca/dataset/encuesta-nacional-de-nutricion-enn1999/resource/99289ca5-bdd5-45da-9831-edc9c5884db0?inner\\_span=True](https://datos.gob.mx/busca/dataset/encuesta-nacional-de-nutricion-enn1999/resource/99289ca5-bdd5-45da-9831-edc9c5884db0?inner_span=True)
- Instituto Nacional de Salud Pública. (2006). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2006. Resultados Nacionales*. (p. 131). <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2006/doctos/informes/ensanut2006.pdf>
- Instituto Nacional de Salud Pública. (2012). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados Nacionales* (p. 196). <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2012/doctos/informes/ENSANUT2012ResultadosNacionales.pdf>
- Instituto Nacional de Salud Pública. (2016). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016. Resultados Nacionales*. (p. 149). <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2016/doctos/informes/ENSANUT2016ResultadosNacionales.pdf>
- Instituto Nacional de Salud Pública. (2021). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Continua COVID-19. Resultados Nacionales* (p. 190). Instituto Nacional de Salud Pública. <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanutcontinua2020/index.php>
- Instituto Nacional de Salud Pública, & Academia Nacional de Medicina. (2015). *Guías alimentarias y de actividad física en el contexto de sobrepeso y obesidad en la*

- población mexicana* (p. 161). Instituto Nacional de Salud Pública. <https://www.insp.mx/epppo/blog/3878-guias-alimentarias.html>
- James, E., Lajous, M., & Reich, M. R. (2020). The Politics of Taxes for Health: An Analysis of the Passage of the Sugar-Sweetened Beverage Tax in Mexico. *Health Systems & Reform*, 6(1), e1669122. <https://doi.org/10.1080/23288604.2019.1669122>
- Jones, S. K., Estrada-Carmona, N., Juventia, S. D., Dulloo, M. E., Laporte, M.-A., Villani, C., & Remans, R. (2021). Agrobiodiversity Index scores show agrobiodiversity is underutilized in national food systems. *Nature Food*, 1–12. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00344-3>
- Khoury, C. K., Amariles, D., Soto, J. S., Diaz, M. V., Sotelo, S., Sosa, C. C., Ramírez-Villegas, J., Achicanoy, H. A., Velásquez-Tibatá, J., Guarino, L., León, B., Navarro-Racines, C., Castañeda-Álvarez, N. P., Dempewolf, H., Wiersema, J. H., & Jarvis, A. (2019). Comprehensiveness of conservation of useful wild plants: An operational indicator for biodiversity and sustainable development targets. *Ecological Indicators*, 98, 420–429. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.016>
- Khoury, C. K., Brush, S., Costich, D. E., Curry, H. A., de Haan, S., Engels, J. M. M., Guarino, L., Hoban, S., Mercer, K. L., Miller, A. J., Nabhan, G. P., Perales, H. R., Richards, C., Riggins, C., & Thormann, I. (2021). Crop genetic erosion: Understanding and responding to loss of crop diversity. *New Phytologist*, 233(1), 84–118. <https://doi.org/10.1111/nph.17733>
- Lambrou, Y., & Laub, R. (2007). Gender, Local Knowledge and Lessons Learnt in Documenting and Conserving Agrobiodiversity. En B. Guha-Khasnobis, S. S. Acharya, & B. Davis (Eds.), *Food Insecurity, Vulnerability and Human Rights Failure* (pp. 161–194). Palgrave Macmillan UK. [https://doi.org/10.1057/9780230589506\\_7](https://doi.org/10.1057/9780230589506_7)
- Lanz, B., Dietz, S., & Swanson, T. (2018). The Expansion of Modern Agriculture and Global Biodiversity Decline: An Integrated Assessment. *Ecological Economics*, 144(C), 260–277. <https://ideas.repec.org/a/eee/ecolec/v144y2018icp260-277.html>
- Letourneau, D. K., Armbrecht, I., Rivera, B. S., Lerma, J. M., Carmona, E. J., Daza, M. C., Escobar, S., Galindo, V., Gutiérrez, C., López, S. D., Mejía, J. L., Rangel, A. M. A., Rangel, J. H., Rivera, L., Saavedra, C. A., Torres, A. M., & Trujillo, A. R. (2011). Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Applications: A Publication of the Ecological Society of America*, 21(1), 9–21. <https://doi.org/10.1890/09-2026.1>
- López-Ridaura, S., Sanders, A., Barba-Escoto, L., Wiegel, J., Mayorga-Cortes, M., González-Esquivel, C., López-Ramirez, M. A., Escoto-Masis, R. M., Morales-Galindo, E., & García-Barcena, T. S. (2021). Immediate impact of COVID-19 pandemic on farming systems in Central America and Mexico. *Agricultural Systems*, 192, 103178. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2021.103178>
- Love, B., & Spaner, D. (2007). Agrobiodiversity: Its Value, Measurement, and Conservation in the Context of Sustainable Agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 31(2), 53–82. [https://doi.org/10.1300/J064v31n02\\_05](https://doi.org/10.1300/J064v31n02_05)

- Mastretta-Yanes, A., Bellon, M. R., Acevedo, F., Burgeff, C., Piñero, D., & Sarukhán, J. (2019). Un programa para México de conservación y uso de la diversidad genética de las plantas domesticadas y sus parientes silvestres. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(4), 321–321. <https://doi.org/10.35196/rfm.2019.4.321>
- Maxted, N., & Vincent, H. (2021). Review of congruence between global crop wild relative hotspots and centres of crop origin/diversity. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 68(4), 1283–1297. <https://doi.org/10.1007/s10722-021-01114-7>
- Meijl, H. van, Havlik, P., Lotze-Campen, H., Stehfest, E., Witzke, P., Domínguez, I. P., Bodirsky, B. L., Dijk, M. van, Doelman, J., Fellmann, T., Humpenöder, F., Koopman, J. F. L., Müller, C., Popp, A., Tabeau, A., Valin, H., & Zeist, W.-J. van. (2018). Comparing impacts of climate change and mitigation on global agriculture by 2050. *Environmental Research Letters*, 13(6), 064021. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabdc4>
- Ng, S. W., Rivera, J. A., Popkin, B. M., & Colchero, M. A. (2019). Did high sugar-sweetened beverage purchasers respond differently to the excise tax on sugar-sweetened beverages in Mexico? *Public Health Nutrition*, 22(4), 750–756. <https://doi.org/10.1017/S136898001800321X>
- O'Neill, D. W., Fanning, A. L., Lamb, W. F., & Steinberger, J. K. (2018). A good life for all within planetary boundaries. *Nature Sustainability*, 1(2), 88–95. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0021-4>
- Oyosa, R. (2014). El Desarrollo Rural en México, Estudio Retrospectivo de las Políticas Públicas del Sector. En *Estudios del desarrollo socioeconómico desde lo glocal. Estrategias y perspectivas* (pp. 144–164). Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Economía, Contaduría y Administración. [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Felipe-Hidalgo/publication/273763740\\_Responsabilidad\\_social\\_desde\\_los\\_fenomenos\\_de\\_discriminacion\\_laboral/links/550b1faa0cf285564096fcd4/Responsabilidad-social-desde-los-fenomenos-de-discriminacion-laboral.pdf#page=91](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Felipe-Hidalgo/publication/273763740_Responsabilidad_social_desde_los_fenomenos_de_discriminacion_laboral/links/550b1faa0cf285564096fcd4/Responsabilidad-social-desde-los-fenomenos-de-discriminacion-laboral.pdf#page=91)
- Poudel, P. B., Poudel, M. R., Gautam, A., Phuyal, S., Tiwari, C. K., & Bashyal, S. (2020). COVID-19 and its Global Impact on Food and Agriculture. 9(5), 4. <https://www.iomcworld.org/articles/covid19-and-its-global-impact-on-food-and-agriculture.pdf>
- Pretty, J., Benton, T. G., Bharucha, Z. P., Dicks, L. V., Flora, C. B., Godfray, H. C. J., Goulson, D., Hartley, S., Lampkin, N., Morris, C., Pierzynski, G., Prasad, P. V. V., Reganold, J., Rockström, J., Smith, P., Thorne, P., & Wratten, S. (2018). Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability*, 1(8), 441–446. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0114-0>
- Ramankutty, N., Evan, A. T., Monfreda, C., & Foley, J. A. (2008). Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. *Global Biogeochemical Cycles*, 22(1). <https://doi.org/10.1029/2007GB002952>
- Reilly, J. R., Artz, D. R., Biddinger, D., Bobiwash, K., Boyle, N. K., Brittain, C., Brokaw, J., Campbell, J. W., Daniels, J., Elle, E., Ellis, J. D., Fleischer, S. J., Gibbs, J., Gillespie, R. L., Gundersen, K. B., Gut, L., Hoffman, G., Joshi, N., Lundin, O., ... Winfree, R. (2020). Crop production in the USA is frequently limited by a lack of

- pollinators. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 287(1931), 20200922. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.0922>
- Rhodes, C. J. (2018). Pollinator Decline – An Ecological Calamity in the Making? *Science Progress*, 101(2), 121–160. <https://doi.org/10.3184/003685018X15202512854527>
- Rivera, J., Colchero, M., Fuentes, M., Gonzáles de Cosío, T., Aguilar, C., Hernández, G., & Barquera, S. (Eds.). (2018). *La obesidad en México. Estado de la política pública y recomendaciones para su prevención y control*. Instituto Nacional de Salud Pública. [https://www.insp.mx/resources/images/stories/2019/Docs/190607\\_978-607-511-179-7.pdf](https://www.insp.mx/resources/images/stories/2019/Docs/190607_978-607-511-179-7.pdf)
- Rockström, J., Williams, J., Daily, G., Noble, A., Matthews, N., Gordon, L., Wetterstrand, H., DeClerck, F., Shah, M., Steduto, P., de Fraiture, C., Hatibu, N., Unver, O., Bird, J., Sibanda, L., & Smith, J. (2017). Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. *Ambio*, 46(1), 4–17. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0793-6>
- SADER, & SIAP. (2021). *Panorama Agroalimentario* 201. [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/)
- Sánchez, L. M., Canto-Osorio, F., González-Morales, R., Colchero, M. A., Ng, S.-W., Ramírez-Palacios, P., Salmerón, J., & Barrientos-Gutiérrez, T. (2020). Association between tax on sugar sweetened beverages and soft drink consumption in adults in Mexico: Open cohort longitudinal analysis of Health Workers Cohort Study. *BMJ*, 369, m1311. <https://doi.org/10.1136/bmj.m1311>
- SIAP. (2020). *Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta 2020*. <https://www.gob.mx/siap/prensa/sistema-de-informacion-agroalimentaria-de-consulta-siacon>
- SNICS. (2020). *Informe Nacional sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura* (p. 319). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. <https://www.gob.mx/snics/documentos/informe-nacional-recursos-fitogeneticos-para-la-alimentacion-y-la-agricultura>
- Steffen, W., Katherine Richardson, Johan Rockström, Sarah E. Cornell, Ingo Fetzer, Elena M. Bennett, Reinette Biggs, Stephen R. Carpenter, Wim de Vries, Cynthia A. de Wit, Carl Folke, Dieter Gerten, Jens Heinke, Georgina M. Mace, Linn M. Persson, Veerabhadran Ramanathan, Belinda Reyers, & Sverker Sörlin. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 736. [https://www.researchgate.net/publication/270898819\\_'Planetary\\_Boundaries\\_Guiding\\_Human\\_Development\\_on\\_a\\_Changing\\_Planet'](https://www.researchgate.net/publication/270898819_'Planetary_Boundaries_Guiding_Human_Development_on_a_Changing_Planet')
- Tamburini, G., Bommarco, R., Wanger, T. C., Kremen, C., van der Heijden, M. G. A., Liebman, M., & Hallin, S. (2020). Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. *Science Advances*, 6(45), eaba1715. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba1715>
- Tobón, W., Urquiza-Haas, T., Yanes, A. M., Robayo, A. C., Restrepo, M. O., Urquiza-Haas, E., Alarcón, J., Oliveros, O., Acevedo, F., Goettsch, B., & Osorio, P. K. (2019). Mesoamerica's Crop Wild Relatives: A new approach for conservation

- planning. *Biodiversity Information Science and Standards*, 3, e38286. <https://doi.org/10.3897/biss.3.38286>
- Toledo, & Alarcón (Eds.). (2018). *Tópicos bioculturales*. <https://patrimoniobiocultural.com/producto/topicos-bioculturales/>
- Toledo, Barrera-Bassols, & Boege, E. (2019). *¿Qué es la diversidad biocultural?* Universidad Nacional Autónoma de México (Proyecto PAPIME: PE404318). <https://patrimoniobiocultural.com/producto/que-es-la-diversidad-biocultural/>
- United Nations. (2021). *The 17 Goals | Sustainable Development*. <https://sdgs.un.org/goals>
- Vandevijvere, S., Barquera, S., Caceres, G., Corvalan, C., Karupaiah, T., Kroker-Lobos, M. F., L'Abbé, M., Ng, S. H., Phulkerd, S., Ramirez-Zea, M., Rebello, S. A., Reyes, M., Sacks, G., Nóchec, C. M. S., Sanchez, K., Sanders, D., Spires, M., Swart, R., Tangcharoensathien, V., ... Swinburn, B. (2019). An 11-country study to benchmark the implementation of recommended nutrition policies by national governments using the Healthy Food Environment Policy Index, 2015-2018. *Obesity Reviews*, 20(S2), 57–66. <https://doi.org/10.1111/obr.12819>
- Velten, S., Leventon, J., Jager, N., & Newig, J. (2015). What Is Sustainable Agriculture? A Systematic Review. *Sustainability*, 7(6), 7833–7865. <https://doi.org/10.3390/su7067833>
- Villanueva, A. B., Halewood, M., & Noriega, I. L. (2017). Agricultural Biodiversity in Climate Change Adaptation Planning. *European Journal of Sustainable Development*, 6(2), 1–1. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2017.v6n2p1>
- Vincent, H., Amri, A., Castañeda-Álvarez, N. P., Dempewolf, H., Dulloo, E., Guarino, L., Hole, D., Mba, C., Toledo, A., & Maxted, N. (2019). Modeling of crop wild relative species identifies areas globally for in situ conservation. *Communications Biology*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s42003-019-0372-z>
- Wendling, Z., Emerson, J., de Sherbinin, A., & Esty, D. (2021). *2020 Environmental Performance Index*. Environmental Performance Index. <https://epi.yale.edu/>
- White, M., & Barquera, S. (2020). Mexico Adopts Food Warning Labels, Why Now? *Health Systems & Reform*, 6(1), e1752063. <https://doi.org/10.1080/23288604.2020.1752063>
- Zimmerer, de Haan, S., Jones, A. D., Creed-Kanashiro, H., Tello, M., Carrasco, M., Meza, K., Plasencia Amaya, F., Cruz-García, G. S., Tubbeh, R., & Jiménez Olivencia, Y. (2019). The biodiversity of food and agriculture (Agrobiodiversity) in the anthropocene: Research advances and conceptual framework. *Anthropocene*, 25, 100192. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2019.100192>
- Zimmerer, & Haan, S. (2017). Agrobiodiversity and a sustainable food future. *Nature Plants*, 3, 17047. <https://doi.org/10.1038/nplants.2017.47>
- Zomer, R. J., Neufeldt, H., Xu, J., Ahrends, A., Bossio, D., Trabucco, A., van Noordwijk, M., & Wang, M. (2016). Global Tree Cover and Biomass Carbon on Agricultural Land: The contribution of agroforestry to global and national carbon budgets. *Scientific Reports*, 6(1), 29987. <https://doi.org/10.1038/srep29987>

## **CAPÍTULO VII. SÍNTESIS DEL ÍNDICE DE AGROBIODIVERSIDAD: ANÁLISIS DE RIESGO-RESILIENCIA Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA PÚBLICA**

### **Introducción**

Los sistemas agroalimentarios se han visto afectados por las transformaciones y desequilibrios que las personas han causado en el sistema planetario (Hjalsted et al., 2021; Kopittke et al., 2021; Lade et al., 2020; Rockström, 2009; Steffen et al., 2015). Dentro de estos límites planetarios desbordados es particularmente preocupante los efectos económicos, sociales y ambientales causados por el cambio climático en el sector agroalimentario mundial (Arora, 2019; Fróna et al., 2021; Ray et al., 2019; Raza et al., 2019; Shukla et al., 2019). Así mismo las prácticas agrícolas son uno de los principales impulsores de pérdida de biodiversidad en los paisajes y agroecosistemas, estos factores inciden en la capacidad de producción, adaptación y resiliencia del sistema agroalimentario (Kehoe et al., 2017; Lanz et al., 2018; Maxwell et al., 2016). Con estas y otras crisis el sistema agroalimentario tiene el reto de producir alimentos suficientes para una población mundial en crecimiento (Fraser, 2020; United Nations, 2019).

La agrobiodiversidad es un factor determinante para hacer frente a las múltiples amenazas del sistema agrícola y es la base para la seguridad alimentaria mundial (Allen et al., 2014; FAO, 2019d; Frison et al., 2011; Zimmerer & Haan, 2017; Zimmerer & Vanek, 2016). Sin embargo, en la actualidad los elementos que la componen como cultivos, polinizadores, dispersores, diversidad biología del suelo, parientes silvestres, recursos zoogenéticos agrícolas y paisajes agrícolas se encuentran bajo amenazas cada vez más preocupantes (Castañeda-Álvarez et al., 2016; FAO, 2019d; Houry et al., 2021). Otro aspecto preocupante es el gran vacío de información sobre la agrobiodiversidad desde un abordaje científico con enfoque holístico a escalas regionales y nacionales, esto dificulta la construcción de evidencia científica para la toma de decisiones que promuevan el uso sostenible y la conservación de la agrobiodiversidad (Bioversity International, 2017).

Sin embargo, en las últimas décadas se han creado nuevos planteamientos conceptuales que abordan las sinergias de la agrobiodiversidad con la biodiversidad asociada, la diversidad funcional, los sistemas socioculturales, el sistema alimentario, así como los múltiples servicios ecosistémicos (FAO, 2019d; Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2000; Zimmerer, de Haan, Jones, Creed-Kanashiro,

Tello, Carrasco, Meza, Plasencia Amaya, Cruz-García, et al., 2019; Zimmerer & Vanek, 2016). El cambio conceptual y de paradigma sobre la agrobiodiversidad como un eje integrador en el sistema agroalimentario ha incidido en la creación de metodologías para medir la agrobiodiversidad de forma holística a escalas nacionales. En este sentido la creación del Índice de Agrobiodiversidad (IAB) diseñado e implementado por Bioversity International surge con el objetivo de subsanar ese vacío y de aportar información clara y precisa basada en evidencia científica para los tomadores de decisiones y demás población interesada en la conservación y uso sostenible de la agrobiodiversidad (Bioversity International, 2018, 2019).

México cuenta con condiciones culturales, ecológicas, geológicas y climáticas que lo posicionan como uno de los centros mundiales de origen, domesticación, y diversificación de especies de importancia agrícola como el maíz, frijol, cacao, tomate verde, aguacate, vainilla, entre otros (Azúa et al., 2021; Casas, 2021; Casas et al., 2019; Harlan, 1971). Las comunidades indígenas y campesinas del país han desarrollado y preservado estas especies como una parte fundamental de su patrimonio biocultural y dependen de estas para la conservación de sus medios de vida (Boege, 2008; Casas et al., 2017; Toledo et al., 2019a). En el sistema agrícola mexicano actual convergen múltiples formas de producción, algunas de estas como la agricultura tradicional, los sistemas agroforestales y la agroecología privilegian la biodiversidad y la salud del agroecosistema sobre la producción (Astier et al., 2017; Jácome, 2022), en contraposición, la agricultura productivista del país se ha especializado en los altos rendimientos, que requieren de inversión alta de tecnología que se refleja en semillas mejoradas, agroquímicos y sistemas de riego (FAO, 2012).

Esta investigación retoma y analiza de forma sistémica los resultados de los compromisos, acciones y estado derivados de la implementación del Índice de Agrobiodiversidad en México y a partir de esta evidencia se diseñaron recomendaciones de política para mejorar el uso y conservación sostenible de la agrobiodiversidad en el sistema agroalimentario.

## **Metodología**

Esta investigación se desarrolló en tres fases metodológicas. En la primera, se retoman y analizan de forma sistémica los resultados de la implementación del Índice de Agrobiodiversidad en México que se realizaron de forma segregada: compromisos, acciones y estado (capítulos IV-VI).

En la segunda fase, con base en los resultados de la implementación del IAB se hizo un análisis de riesgo-resiliencia tomando como referencia la metodología del Índice de agrobiodiversidad (Bioversity International, 2018). Cada indicador está relacionado con riesgos específicos dentro del sistema agroalimentario (Cuadro 1), el puntaje (0-100)

obtenido por cada indicador analizado se asignó a los riesgos con los que están relacionados, entre menos puntaje se obtengan en los indicadores mayor nivel de riesgo y menor nivel de resiliencia existe en el sistema.

**Cuadro 1.** Indicadores del Índice de Agrobiodiversidad y su relación con riesgos para el sector agroalimentario

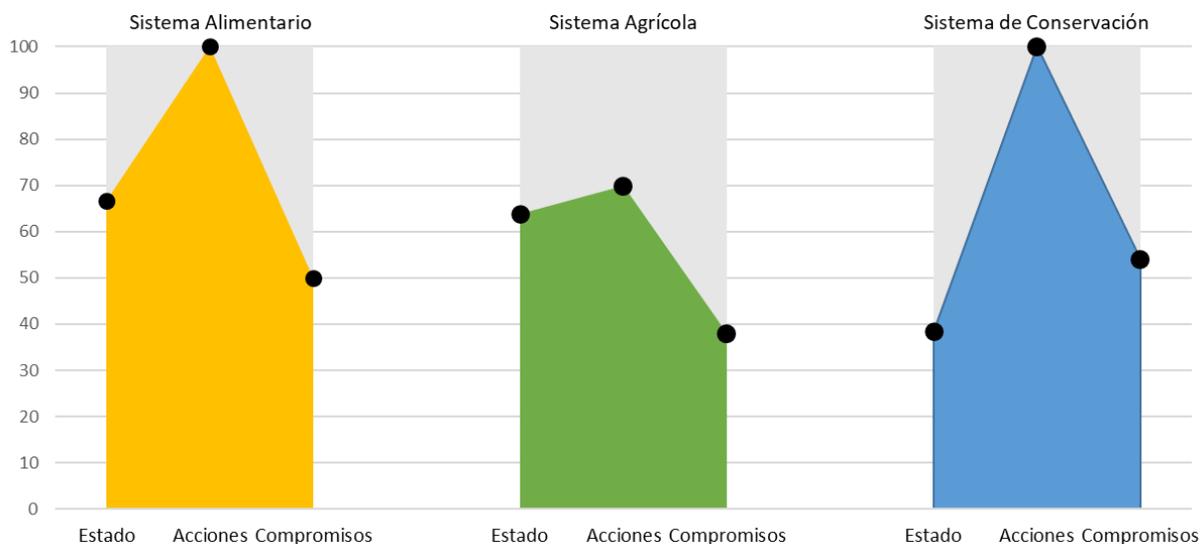
Indicadores	Desnutrición	Cambio climático	Degradación del suelo	Plagas y enfermedades	Pérdida de biodiversidad	Ciclo de pobreza
Compromisos en el sistema alimentario						
Compromisos en el sistema agrícola						
Compromisos en el sistema de conservación						
Prácticas de consumo y gestión del mercado que apoyan la agrobiodiversidad						
Prácticas basadas en biodiversidad						
Prácticas que promueven la agrobiodiversidad						
Acciones que promueven la agrobiodiversidad en el sistema de conservación						
Diversidad de especies						
Diversidad varietal						
Diversidad funcional						
Especies subutilizadas						
Biodiversidad del suelo						
Complejidad del pasaje						

En la tercera fase de la metodología se plantean recomendaciones para política enfocados en mejorar, incluir, conservar y usar la agrobiodiversidad de forma sostenible.

## Resultados

El Índice General de Agrobiodiversidad, se midió con base en 17 indicadores y 48 variables, los resultados indican un puntaje moderado (64.1/100). Destacan positivamente las acciones que se han realizado en pro de la conservación y uso

sostenible de la agrobiodiversidad en el sistema alimentario y de conservación, en contraste se reportan bajos compromisos en el sistema agrícola y alimentario y bajo puntaje en el sistema de conservación en relación con el estado.



**Figura.** Resumen de los principales resultados del Índice de Agrobiodiversidad por sistema analizado

### Análisis de riesgo-resiliencia

El cuadro 2 indica el nivel de riesgo para cada uno de los aspectos evaluados. En general los riesgos oscilan entre medio-bajo, el riesgo pérdida de biodiversidad presentó los puntajes más altos.

**Cuadro 2.** Resultados del análisis de riesgo-resiliencia

Indicadores	Desnutrición	Cambio climático	Degradación del suelo	Plagas y enfermedades	Pérdida de biodiversidad	Ciclo de pobreza
Compromisos en el sistema alimentario	Medio-bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Medio-bajo
Compromisos en el sistema agrícola	Bajo	Medio-bajo	Medio-bajo	Medio-bajo	Medio-bajo	Medio-bajo
Compromisos en el sistema de conservación	Medio-bajo	Medio-bajo	Medio-bajo	Medio-bajo	Alto	Medio-bajo
Prácticas de consumo y gestión del mercado que apoyan la agrobiodiversidad	Medio-bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio-bajo

Prácticas basadas en biodiversidad						
Gestión Prácticas que promueven la agrobiodiversidad						
Acciones que promueven la agrobiodiversidad en el sistema de conservación						
Diversidad de especies en todos los sistemas analizados						
Diversidad varietal						
Diversidad funcional						
Especies subutilizadas						
Biodiversidad del suelo						
Complejidad del pasaje						

**Nivel de riesgo**

<b>81-100</b> Muy Bajo	<b>61-80</b> Bajo	<b>41-60</b> Medio	<b>21-40</b> Alto	<b>0-20</b> Muy Alto
---------------------------	----------------------	-----------------------	----------------------	-------------------------

En términos generales es necesaria la priorización de los aspectos más críticos: bajos puntajes en estado, acciones laxas y compromisos débiles inciden en el aumento de amenazas del sistema agroalimentario particularmente el cambio climático, la degradación de suelo y la pérdida de biodiversidad.

### **Recomendaciones de política el uso sostenible y conservación de la agrobiodiversidad en el sistema agroalimentario**

**Línea de acción uno:** Inclusión de la agrobiodiversidad en los sistemas alimentarios del país

#### **Inclusión la agrobiodiversidad local/regional en los programas de alimentación escolar.**

Recomendación dirigida al Programa Alimentos Escolares, Programa de desayunos Escolares del Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia y Programa de Apoyo Alimentario, Programa Desayunos Escolares Calientes.

**Instituciones involucradas:** Secretaría de Salud, Dirección General de Alimentación y Desarrollo Comunitario (DGADC), Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (SNDIF), Sistemas Estatales para el Desarrollo Integral de la Familia (SEDIF).

**Nivel:** estatal, municipal.

Los programas de alimentación escolar han evolucionado desde su creación, estos cambios han permitido una adaptación constante a nuevos retos. Es así como desde 2020 se han integrado nuevas estrategias de alimentación escolar que buscan que los beneficiarios accedan a alimentos nutritivos y frescos (desayunos escolares en modalidad fría y caliente). Estos espacios son idóneos para promover y aprovechar la agrobiodiversidad local en las dietas. Instituciones como la FAO han diseñado marcos de recursos que permiten un diseño, ejecución y seguimiento de estas estrategias (FAO & WFP, 2020). Este tipo de estrategias permiten el cumplimiento de múltiples objetivos: alimentación balanceada para niños, niñas y jóvenes, reivindicación de riqueza gastronómica local, apoyo a pequeños agricultores e inclusión de la agrobiodiversidad local.

Sin embargo, los programas de alimentación presentan cuellos de botella administrativos que dificultan la integración de la agrobiodiversidad local. La principal dificultad son los procesos de licitación, a los cuales no pueden acceder pequeños agricultores. Por lo tanto, se requieren de procesos administrativos flexibles, que fomenten la organización social de los agricultores locales.

### **Mayor difusión sobre la diversidad de cultivos /especies que hay en el país, sus propiedades y beneficios para una buena alimentación.**

**Instituciones involucradas:** Secretaría de Salud, Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (SNDIF), Secretaría de Desarrollo Rural y Agricultura (SADER) y el programa Seguridad Alimentaria Mexicana (SEGALMEX).

**Nivel:** nacional, estatal, municipal.

Actualmente las acciones por parte del estado para reducir los problemas de diabetes, sobrepeso y obesidad se han enfocado en políticas para que los consumidores identifiquen los alimentos que pueden ser nocivos para la salud y desincentivar su consumo. Sin embargo, no se hace el mismo tipo campañas con la diversidad de frutas, verduras, cereales de alto valor nutritivo que ofrecen las condiciones agroclimáticas del país. Hay especies poco conocidas que no encuentran espacio en los mercados y en las dietas de los ciudadanos, razón por la cual entran en proceso

de subutilización y posterior riesgo de extinción. Ante este contexto es urgente ampliar el conocimiento y difusión sobre estas especies como una estrategia de conservación.

Una acción práctica es generar estrategias de incentivos a las especies mexicanas a través de etiquetas o sellos de origen que les permita identificar fácilmente a los ciudadanos especies locales y con alto valor nutritivo. Esta acción se puede complementar con campañas publicitarias masivas sobre alimentación saludable basada en la agrobiodiversidad del país. Con este tipo de estrategias se brindan herramientas a los ciudadanos para que tomen mejores decisiones sobre su alimentación.

### **La agrobiodiversidad como parte de la Educación Alimentaria y Nutricional**

Recomendación dirigida a la Estrategia de Educación Nutricional en Comunidades Vulnerables, Estrategias Estatales de Orientación Alimentaria

**Instituciones involucradas:** Seguridad Alimentaria Mexicana (SEGALMEX), Secretaría de Salud, Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), Secretarías de Salud Estatales, Secretarías de Educación Estatales, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Universidades públicas y privadas

**Nivel:** municipal

En el país se han desarrollado diversas estrategias para mejorar la educación nutricional de los ciudadanos, entre las que se encuentran las guías alimentarias, que incluyen el plato del buen comer y la jarra del buen beber (INSP & ANM, 2015), así mismo se han adelantado iniciativas para incluir la educación nutricional en los currículos educativos en el sistema escolar formal y público.

En esta recomendación se sugieren dos estrategias: se recomienda incluir la agrobiodiversidad como parte del currículo sobre educación alimentaria, esto implica información sobre las especies locales, sus propiedades nutricionales y la contribución a una dieta saludable. La segunda estrategia es la creación de huertas escolares que integren especies subutilizadas y en etapas críticas de conservación, esta estrategia permite que instituciones de investigación se relacionen con estudiantes y maestros, fomentando la ciencia ciudadana y los procesos comunitarios/educativos de conservación de agrobiodiversidad.

**Línea de acción dos: reivindicación de la agrobiodiversidad como patrimonio biocultural y por los servicios ecosistémicos que ofrece**

**Impulso a Agro mercados locales**

Recomendación dirigida al Programa Agromercados Sociales y Sostenibles

**Instituciones involucradas:** Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Secretarías de Agricultura municipales

**Nivel:** municipal

La intermediación es uno de los principales problemas en la economía de muchos productores, ya que no son ellos quienes obtienen los beneficios económicos de sus productos. Esto se debe a que los canales de comercialización (transporte, medios digitales, etc), no son accesibles o resultan demasiado costosos para los productores. Ante esta problemática se propone la implementación de cadenas cortas agroalimentarias, estas estrategias permiten proximidad entre productores y consumidores y una mínima intermediación. El impulso a nivel local y municipal de estas estrategias busca valorar cultural y económicamente la agrobiodiversidad, las prácticas agrícolas y conocimientos locales.

Esta estrategia requiere de varias etapas:

- 1- Identificación de los productores y las especies que pueden comercializar, a partir de estas crear un calendario agrícola de la región.
- 2- Establecer precios justos que beneficien a los productores y consumidores.
- 3- Si la producción local excede las tazas de consumo, buscar los mecanismos para el acceso a mercados externos sin necesidad de intermediarios.
- 4- Construir o mejorar la infraestructura necesaria para estos espacios, si se cuenta con las condiciones necesarias en algunos lugares se puede optar por distribuir los productos a través de plataformas digitales.
- 5- Desarrollar estrategias de transporte comunitario.
- 6- Desarrollar estrategias de transformación, conservación y marketing de los productos locales.

### **Garantías de producción y conservación de especies no comerciales**

Recomendación dirigida a la implementación del Protocolo de Nagoya en México y la estrategia nacional de Pagos por Servicios Ambientales

**Instituciones involucradas:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)

El sistema agrícola presenta una alta diversidad, hay un conjunto de especies (cultivadas, fomentadas y silvestres) locales que cumplen con funciones bioculturales y ecosistémicas importantes, pero que al no ser comerciales tienden a desaparecer de las parcelas. Se sugiere incluir en las estrategias de Pagos por Servicios Ecosistémicos un ítem que contemple la conservación de especies a nivel agroecosistémico de razas, variedades de uso agrícola que estén en estado crítico de conservación. Esta estrategia se puede complementar con la implementación de Protocolos Comunitarios Bioculturales enmarcados en la implementación del Protocolo de Nagoya.

### **Línea de acción tres: sistema de información sobre agrobiodiversidad**

**Instituciones involucradas:** Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), INIFAP, SNICS, BANGERMEX, Instituciones de Educación Superior

**Nivel:** Nacional, estatal y municipal

Uno de los principales obstáculos para la conservación de la agrobiodiversidad es que la información científica es limitada y atomizada (Bioversity International, 2017, 2018). Aunque en el país se desarrollan un gran número de investigaciones que dan como resultado datos de alta calidad, estos no se ven reflejados en bases de datos nacionales y estandarizados. No existe actualmente una plataforma que recoja los esfuerzos nacionales de investigación, a esto se suma la falta de información sobre muchas especies/variedades locales, en este contexto es difícil enfocar políticas que busquen proteger la agrobiodiversidad.

Se propone un Sistema de Información sobre Agrobiodiversidad, que incluya la siguiente información:

- 1- Especies de uso agrícola (descripción general, distribución geográfica, valor nutricional, estado de conservación y **variedades que la componen**).
- 2- Parientes silvestres asociados a cultivos (descripción general, distribución, estado de conservación (peligro de extinción), principales usos y potencialidades).
- 3- Recursos zoogenéticos: uno de los principales vacíos en el país en relación con la agrobiodiversidad. En esta sección se incluirían, especies y razas de recursos animales relacionados con la agricultura (distribución geográfica, estado y estrategias de conservación).
- 4- Conservación *ex situ*: información sobre los bancos de germoplasma que incluya especies, número de accesiones, localización y estado de conservación. En esta sección se busca recoger información de todos los bancos de germoplasma del país.

5- Conocimientos agrícolas tradicionales: en esta sección se incluirán las prácticas y conocimientos asociados a agroecosistemas locales en relación con la agrobiodiversidad.

6- Políticas públicas. En esta sección se propone hacer seguimiento a los compromisos establecidos a nivel nacional con relación a la conservación de la agrobiodiversidad.

7- Índice de agrobiodiversidad: ya que este índice es dinámico y se alimenta constantemente de nuevos datos es posible identificar rápidamente a través de indicadores como se avanza a nivel nacional en la conservación y uso sostenible de la agrobiodiversidad.

Actualmente hay plataformas con el potencial de integrar el Sistema de Información sobre agrobiodiversidad, principalmente el Sistema Nacional de Información Biológica de México (SNIB), el Sistema de Información de Bancos de Germoplasma Mexicano (BanGERMex) y el Servicio de Información Agrícola y Pecuaria.

### **Ampliar la conservación *ex situ* e *in situ* de especies agrícolas no comerciales y silvestres**

**Instituciones involucradas:** CONABIO, INIFAP, SNICS, Universidades

**Nivel:** nacional, estatal, municipal

Como se indicó en esta investigación, aunque en el país existen múltiples iniciativas para la conservación de la agrobiodiversidad y un alto número de accesiones en los bancos de germoplasma, la prioridad se ha centrado en las especies más comerciales. Se recomienda ampliar el número de accesiones y colecciones de campo de especies no comerciales, en estado crítico de conservación y de parientes silvestres. Dados los acelerados cambios sociales y ambientales en los agroecosistemas del país, es urgente tomar medidas que puedan de alguna forma mejorar la resiliencia del sistema agrícola nacional en el futuro.

### **Mejorar los procesos comunitarios de conservación de la agrobiodiversidad**

**Instituciones involucradas:** INIFAP, SNICS, SADER, Secretarías Municipales de Agricultura

**Nivel:** municipal, local

La conservación de la agrobiodiversidad no debe estar únicamente ligada a entidades de investigación y educación. Ciudadanos, campesinos, comunidades indígenas y afrodescendientes están comprometidos en su conservación. Estrategias como las

ferias de semillas, los bancos comunitarios de semillas y las bibliotecas de semillas, son estrategias comunitarias de bajo costo y con un alto potencial, por ende, acciones para promoverlas en las escalas locales, estatales y nacionales son de gran utilidad para su sostenibilidad.

#### **Línea de acción cuatro: Sinergias institucionales**

**Instituciones involucradas:** CONABIO, SADER, SEMARNAT, INIFAP, SNICS

Uno de los principales factores que indican en la ausencia de compromisos y acciones para la conservación local, regional y nacional de la agrobiodiversidad es la falta de cohesión institucional. Aunque históricamente se han creado programas que han promovido la conservación y el uso sostenible de la agrobiodiversidad muchos de estos proyectos quedan truncados y no se les da continuidad. Así mismo la agrobiodiversidad por estar relacionada con el sistema biológico, agrícola y alimentario está a cargo de varias estancias institucionales, sin embargo, estas no están cohesionadas. Se propone la creación de un ente/figura interinstitucional encargado específicamente de la agrobiodiversidad del país, de tal forma que se tomen en cuenta las lecciones aprendidas en proyectos anteriores y se distribuyan mejor los recursos.

#### **Literatura citada**

- Allen, T., Prospero, P., Cogill, B., & Flichman, G. (2014). Agricultural biodiversity, social–ecological systems and sustainable diets. *Proceedings of the Nutrition Society*, 73(4), 498–508. <https://doi.org/10.1017/S002966511400069X>
- Arora, N. K. (2019). Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *Environmental Sustainability*, 2(2), 95–96. <https://doi.org/10.1007/s42398-019-00078-w>
- Astier, M., Argueta, J. Q., Orozco-Ramírez, Q., González, M. V., Morales, J., Gerritsen, P. R. W., Escalona, M. A., Rosado-May, F. J., Sánchez-Escudero, J., Martínez Saldaña, T., Sánchez-Sánchez, C., Arzuffi Barrera, R., Castrejón, F., Morales, H., Soto, L., Mariaca, R., Ferguson, B., Rosset, P., Ramírez, H., ... González-Esquível, C. (2017). Back to the roots: Understanding current agroecological movement, science, and practice in Mexico. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41(3–4), 329–348. <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1287809>
- Azúa, R. V., Galicia, B. R., & Roldán, G. P. (2021). Origen y dispersión del guajolote doméstico en Mesoamérica. Una conjunción de factores ambientales y culturales. *Cuicuilco Revista de Ciencias Antropológicas*, 28(80), 105–134. <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/cuicuilco/article/view/16956>
- Bioversity International. (2017). Mainstreaming agrobiodiversity in sustainable food systems: Scientific foundations for an agrobiodiversity index. Bioversity International. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/89049>
- Bioversity International. (2018). The Agrobiodiversity Index: Methodology Report v.1.0. Bioversity International.

- [https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user\\_upload/AA\\_Publications/Methodology\\_Index\\_1.pdf](https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user_upload/AA_Publications/Methodology_Index_1.pdf)
- Biodiversity International. (2019). Agrobiodiversity Index Report 2019: Risk and Resilience. Biodiversity International. <https://hdl.handle.net/10568/100820>
- Boege, E. (2008). El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México: Hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrobiodiversidad en los territorios indígenas. Inst. Nacional de Antropología e Historia. [https://idegeo.centrogeo.org.mx/uploaded/documents/El\\_patrimonio\\_biocultural-Eckart\\_Boege.pdf](https://idegeo.centrogeo.org.mx/uploaded/documents/El_patrimonio_biocultural-Eckart_Boege.pdf)
- Casas, A. (2021). Domesticación: Origen y perspectivas sobre la agricultura en Mesoamérica. En G. De la Peña & R. Ávila (Eds.), *Alimentarse: Dimensiones antropológicas e históricas de un hecho cultural total*. Universidad de Guadalajara. <https://editorial.udg.mx/gpd-alimentarse-9786075478838.html>
- Casas, A., Parra, F., Aguirre-Dugua, X., Rangel-Landa, S., Vázquez, J., Vallejo, M., Moreno Calles, A., Rodríguez, S., Torres-García, I., Delgadp-Lemus, A., Pérez-Negrón, E., Figueredo Urbina, C., Cruse-Sanders, J., Berenice, F., Solis-Rojas, L., Otero-Arnaíz, A., Alvarado-Sizzo, H., & Camou-Guerrero, A. (2017). Manejo y domesticación de plantas en Mesoamérica. Una estrategia de investigación y estado del conocimiento sobre los recursos genéticos en México. En A. Casas, J. Torres-Guevara y F. Parra (Eds). *Domesticación en el continente americano* (pp. 69-102). UNAM-UNALM [https://www.researchgate.net/profile/Alejandro\\_Casas3/publication/316876698\\_Domesticacion\\_en\\_el\\_Continente\\_Americano\\_Volumen\\_2\\_Investigacion\\_para\\_el\\_manejo\\_sustentable\\_de\\_recursos\\_geneticos\\_en\\_el\\_nuevo\\_mundo/links/59d4ddc80f7e9b4fd702d900/Domesticacion-en-el-Continente-Americano-Volumen-2-Investigacion-para-el-manejo-sustentable-de-recursos-geneticos-en-el-nuevo-mundo.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alejandro_Casas3/publication/316876698_Domesticacion_en_el_Continente_Americano_Volumen_2_Investigacion_para_el_manejo_sustentable_de_recursos_geneticos_en_el_nuevo_mundo/links/59d4ddc80f7e9b4fd702d900/Domesticacion-en-el-Continente-Americano-Volumen-2-Investigacion-para-el-manejo-sustentable-de-recursos-geneticos-en-el-nuevo-mundo.pdf)
- Casas, A., Torres-García, I., Parra, F., & Torres, J. (2019). Centros de origen y diversificación de plantas cultivadas en América. En J. Torres-Guevara, F. Parra, A. Casas y A. Cruz (Eds.), *De los cultivos nativos y el cambio del clima- Hallazgos (Huánuco y Apurímac)* (pp. 23–56). Universidad Nacional Agraria La Molina [https://www.researchgate.net/publication/333802851\\_De\\_los\\_cultivos\\_nativos\\_y\\_el\\_cambio\\_del\\_clima\\_Hallazgos\\_Huanuco\\_y\\_Apurimac](https://www.researchgate.net/publication/333802851_De_los_cultivos_nativos_y_el_cambio_del_clima_Hallazgos_Huanuco_y_Apurimac)
- Castañeda-Álvarez, N. P., Khoury, C. K., Achicanoy, H. A., Bernau, V., Dempewolf, H., Eastwood, R. J., Guarino, L., Harker, R. H., Jarvis, A., Maxted, N., Müller, J. V., Ramirez-Villegas, J., Sosa, C. C., Struik, P. C., Vincent, H., & Toll, J. (2016). Global conservation priorities for crop wild relatives. *Nature Plants*, 2(4), 1–6. <https://doi.org/10.1038/nplants.2016.22>
- FAO. (2012). Diagnóstico del sector rural y pesquero. FAO. <https://www.fao.org/publications/card/es/c/93c2dae9-c50d-48ad-b6cd-807fa5554483/>
- FAO. (2019). The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture (p. 530). FAO. <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>

- FAO, & WFP. (2020). Alimentación escolar con productos locales. Marco de recursos (p. 170). <https://www.fao.org/3/ca0957es/CA0957ES.pdf>
- Fraser, E. D. G. (2020). The challenge of feeding a diverse and growing population. *Physiology & Behavior*, 221, 112908. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.112908>
- Frison, E. A., Cherfas, J., & Hodgkin, T. (2011). Agricultural Biodiversity Is Essential for a Sustainable Improvement in Food and Nutrition Security. *Sustainability*, 3(1), 238–253. <https://doi.org/10.3390/su3010238>
- Fróna, D., Szenderák, J., & Harangi-Rákos, M. (2021). Economic effects of climate change on global agricultural production. *Nature Conservation*, 44, 117–139. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.44.64296>
- Harlan, J. R. (1971). Agricultural Origins: Centers and Noncenters. *Science*, 174(4008), 468–474. <https://doi.org/10.1126/science.174.4008.468>
- Hjalsted, A. W., Laurent, A., Andersen, M. M., Olsen, K. H., Ryberg, M., & Hauschild, M. (2021). Sharing the safe operating space: Exploring ethical allocation principles to operationalize the planetary boundaries and assess absolute sustainability at individual and industrial sector levels. *Journal of Industrial Ecology*, 25(1), 6–19. <https://doi.org/10.1111/jiec.13050>
- Jácome, A. G. (2022). *Traditional Mexican Agriculture: A Basis for Sustainable Agroecological Systems*. CRC Press.
- Kehoe, L., Romero-Muñoz, A., Polaina, E., Estes, L., Kreft, H., & Kuemmerle, T. (2017). Biodiversity at risk under future cropland expansion and intensification. *Nature Ecology & Evolution*, 1(8), 1129–1135. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0234-3>
- Khoury, C. K., Brush, S., Costich, D. E., Curry, H. A., de Haan, S., Engels, J. M. M., Guarino, L., Hoban, S., Mercer, K. L., Miller, A. J., Nabhan, G. P., Perales, H. R., Richards, C., Riggins, C., & Thormann, I. (2021). Crop genetic erosion: Understanding and responding to loss of crop diversity. *New Phytologist*, 233(1), 84–118. <https://doi.org/10.1111/nph.17733>
- Kopittke, P. M., Menzies, N. W., Dalal, R. C., McKenna, B. A., Husted, S., Wang, P., & Lombi, E. (2021). The role of soil in defining planetary boundaries and the safe operating space for humanity. *Environment International*, 146, 106245. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106245>
- Lade, S. J., Steffen, W., de Vries, W., Carpenter, S. R., Donges, J. F., Gerten, D., Hoff, H., Newbold, T., Richardson, K., & Rockström, J. (2020). Human impacts on planetary boundaries amplified by Earth system interactions. *Nature Sustainability*, 3(2), 119–128. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0454-4>
- Lanz, B., Dietz, S., & Swanson, T. (2018). The Expansion of Modern Agriculture and Global Biodiversity Decline: An Integrated Assessment. *Ecological Economics*, 144(C), 260–277. <https://ideas.repec.org/a/eee/ecolect/v144y2018icp260-277.html>
- Maxwell, S. L., Fuller, R. A., Brooks, T. M., & Watson, J. E. M. (2016). Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers. *Nature*, 536(7615), 143–145. <https://doi.org/10.1038/536143a>

- Ray, D. K., West, P. C., Clark, M., Gerber, J. S., Prishchepov, A. V., & Chatterjee, S. (2019). Climate change has likely already affected global food production. *PLOS ONE*, 14(5), e0217148. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217148>
- Raza, A., Razzaq, A., Mehmood, S. S., Zou, X., Zhang, X., Lv, Y., & Xu, J. (2019). Impact of Climate Change on Crops Adaptation and Strategies to Tackle Its Outcome: A Review. *Plants*, 8(2), 34. <https://doi.org/10.3390/plants8020034>
- Rockström, J. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, 14(2), 32. <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32>
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2000). Decisiones adoptadas por la conferencia de las partes en el Convenio sobre la Diversidad Biológica. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-05/full/cop-05-dec-es.pdf>
- Shukla, P. R., Skeg, J., Buendia, E. C., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Zhai, P., Slade, R., Connors, S., Diemen, S. van, Ferrat, M., Haughey, E., Luz, S., Pathak, M., Petzold, J., Pereira, J. P., Vyas, P., Huntley, E., Kissick, K., ... Malley, J. (2019). Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/SRCCL-Full-Report-Compiled-191128.pdf>
- Steffen, W., Katherine Richardson, Johan Rockström, Sarah E. Cornell, Ingo Fetzer, Elena M. Bennett, Reinette Biggs, Stephen R. Carpenter, Wim de Vries, Cynthia A. de Wit, Carl Folke, Dieter Gerten, Jens Heinke, Georgina M. Mace, Linn M. Persson, Veerabhadran Ramanathan, Belinda Reyers, & Sverker Sörlin. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 736. [https://www.researchgate.net/publication/270898819\\_'Planetary\\_Boundaries\\_Guiding\\_Human\\_Development\\_on\\_a\\_Changing\\_Planet'](https://www.researchgate.net/publication/270898819_'Planetary_Boundaries_Guiding_Human_Development_on_a_Changing_Planet')
- Toledo, Barrera-Bassols, & Boege, E. (2019). ¿Qué es la diversidad biocultural? Universidad Autónoma de México (Proyecto PAPIME: PE404318). <https://patrimoniobiocultural.com/producto/que-es-la-diversidad-biocultural/>
- United Nations. (2019). World Population Prospects 2019 (p. 39). United States. <https://www.un.org/en/academic-impact/97-billion-earth-2050-growth-rate-slowing-says-new-un-population-report>
- Zimmerer, & Haan, S. (2017). Agrobiodiversity and a sustainable food future. *Nature Plants*, 3, 17047. <https://doi.org/10.1038/nplants.2017.47>
- Zimmerer, K., de Haan, S., Jones, A. D., Creed-Kanashiro, H., Tello, M., Carrasco, M., Meza, K., Plasencia Amaya, F., Cruz-García, G. S., Tubbeh, R., & Jiménez Olivencia, Y. (2019). The biodiversity of food and agriculture (Agrobiodiversity) in the anthropocene: Research advances and conceptual framework. *Anthropocene*, 25, 100192. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2019.100192>
- Zimmerer, K. S., & Vanek, S. J. (2016). Toward the Integrated Framework Analysis of Linkages among Agrobiodiversity, Livelihood Diversification, Ecological Systems, and Sustainability amid Global Change. *Land*, 5(2), 10. <https://doi.org/10.3390/land5020010>

## CONCLUSIONES GENERALES

Los resultados indicaron que el Índice General de Agrobiodiversidad fue moderado (64.1/100). Así mismo el estado de la agrobiodiversidad fue moderado (56/100), a pesar de que el país cuenta con una alta diversidad de especies animales y vegetales que sirven como fuentes para una alimentación balanceada, estas opciones se encuentran subutilizadas en el sistema alimentario, como lo demuestran los altos índices de malnutrición. El sistema de conservación de recursos genéticos se ha enfocado en cultivos de plantas comerciales, dejando un vacío en la conservación en especies silvestres y no comerciales, de igual forma en este sistema destaca la necesidad de plataformas con información biológica más precisa (niveles intraespecíficos) que permita la obtención de datos sólidos sobre el estado de la agrobiodiversidad en el país en todas sus escalas.

Los compromisos establecidos en políticas públicas para el uso y conservación de la agrobiodiversidad no son sólidos. Esto se debe a la visión a corto plazo con que son concebidas las políticas públicas que impiden la continuidad de programas y apuestas exitosas. La agrobiodiversidad por estar relacionada con la agricultura, con la biodiversidad y con aspectos culturales no está a cargo de una institución específica, aunque esta situación podría representar un opción de sinergias para la creación de compromisos fuertes y duraderos, históricamente ha habido desarticulación institucional que dificulta una gestión más efectiva de la agrobiodiversidad.

Las acciones que se han tomado para mejorar el uso y conservación de la agrobiodiversidad en el país son altas. En el sistema alimentario las acciones son sólidas, las políticas públicas más contundentes para mejorar y diversificar las dietas se han implementado en los últimos cinco años, por lo que se requiere de mayor tiempo e investigación para evidenciar un cambio en los patrones de consumo de la población. Se evidencia que en este sistema las acciones están más enfocadas en desincentivar dietas no saludables que en promover directamente alimentos/especies para mejorar las dietas de los ciudadanos. Las acciones en el sistema agrícola son altas, destacan aspectos positivos como el uso excesivo evitado de mecanismos de control químico, así como el manejo integrado de nutrición vegetal, en contraste las acciones sobre la agricultura orgánica y la agricultura de conservación son bajas, en el actual sexenio se implementan algunas estrategias con el potencial de contribuir sistemáticamente a múltiples acciones para mejorar la agrobiodiversidad en el sistema agrícola. Finalmente, en el sistema de conservación se han tomado acciones sólidas, sin embargo, se requieren de mejores indicadores y variables para mejorar la precisión y el impacto de estas acciones.

## RECOMENDACIONES

El IAB tiene como objetivo medir la agrobiodiversidad desde una metodología sistémica a una escala nacional, de tal forma que aporte evidencia científica para tomar mejores decisiones sobre su uso y conservación. Sin embargo, esta herramienta tiene el potencial de ser adaptada a múltiples contextos y escalas. Por ejemplo, si se adapta a una escala local será factible incluir el sistema cultural asociado a la agrobiodiversidad.

Los resultados mundiales actuales sobre el IAB han tomado grandes bases de datos de tal forma que los resultados se puedan comparar, sin embargo, como se mostró en esta investigación los países cuentan con sistemas de información que suelen ser más completos y que permiten medir de forma más precisa la agrobiodiversidad nacional. A medida que grupos de investigación independiente implementen el IAB será posible incluir mejores fuentes de información para evitar sobrestimación o subestimación de los datos.

Aunque el IAB contempla un conjunto de variables amplio, es posible complementarlos a medida que se pueda acceder a nuevas fuentes de información de calidad. Por ejemplo, en la medición de estado en el sistema agrícola es necesario medir la diversidad y el estado de conservación de los polinizadores. Así mismo en la medición de las acciones en el sistema de conservación es necesario incluir variables más específicas: tipo de conservación de los RFAA (corto, mediano o largo plazo), acciones comunitarias de conservación y conservación de recursos zoogenéticos.

El IAB requiere de una constante actualización, en el caso de la medición del estado y acciones las fuentes de información se suelen actualizar con regularidad (normalmente cada año), para el caso de los compromisos en el país cambian en cada sexenio. Por eso se recomienda una actualización periódica para tener una panorama actualizado de la agrobiodiversidad en el país.

Ante las problemáticas presentes y futuras que enfrenta el sistema agroalimentario, como la pérdida de biodiversidad, la incidencia del cambio climático, el aumento de los precios de los alimentos; la agrobiodiversidad es un elemento fundamental para un sistema agroalimentario nacional resiliente. Por ende, es importante incorporar la evidencia científica de este y otros estudios para la formulación de políticas públicas del sector.