



EVALUATION OF THE STATE OF AGROBIODIVERSITY IN THE AGRIFOOD SYSTEM OF MEXICO †

[EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN EL SISTEMA AGROALIMENTARIO DE MÉXICO]

Laura Escárrega-Torres^{1*}, Jesús Axayácatl Cuevas-Sánchez¹,
Julio Baca-del Moral¹, María de Lourdes Maldonado-Méndez¹
and Nicole Sibelet²

¹ *Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo Km 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, México, C.P. 56230. Email: escarragalaura@gmail.com*

² *Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le développement (CIRAD) Montpellier Cedex 5, Francia. C.P 34398*
*Corresponding author

SUMMARY

Background. 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. **Objective.** To analyze the agrobiodiversity's state in the Mexican agricultural, food and genetic resources system. **Methodology.** Methodologically, the Agrobiodiversity Index was implemented, ten indicators and 16 variables were measured, which included species diversity, varietal diversity, underutilized species, and landscape complexity in the agrifood system. **Results.** 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 gave low scores (38.4) /100). **Implications.** 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, it is urgent to create platforms with more specific biological information (intraspecific levels, varieties, races, cultivars). With these platforms, a more precise estimate of the country's agrobiodiversity will be possible. **Conclusion** Although 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.

Key words: agricultural biodiversity; genetic resources conservation; healthy diets; sustainable agriculture; varietal biodiversity.

RESUMEN

Antecedentes. 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. **Objetivo.** Analizar el estado de la agrobiodiversidad en el sistema agrícola, alimentario y de conservación de recursos genéticos de México. **Metodología.** Metodológicamente se adaptó e implementó el Índice de Agrobiodiversidad, se midieron diez indicadores y 16 variables, enfocados en la medición de la diversidad de especies, diversidad varietal, especies subutilizadas y complejidad del paisaje. **Resultados.** 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). **Implicaciones.** 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. **Conclusión.** 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.

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

† Submitted November 11, 2022 – Accepted April 23, 2023. <http://doi.org/10.56369/tsaes.4618>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

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 (Zimmerer y Haan, 2017), además aportan al sustento de los medios de vida de gran parte de la población mundial (Hunter *et al.*, 2020). 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 (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). La erosión genética de cultivos ha aumentado (Khoury *et al.*, 2021), los parientes silvestres asociados a cultivos y recursos zoogenéticos enfrentan amenazas e insuficientes estrategias de conservación (Vincent *et al.*, 2019), así mismo existe una disminución y pérdida de polinizadores (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).

En México, la agrobiodiversidad es un pilar importante del patrimonio biocultural (Luque *et al.*, 2020), 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 (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 (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 (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). 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?

MATERIALES Y MÉTODOS

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). Este índice se enfoca en medir tres aspectos de la agrobiodiversidad a una escala nacional: compromisos, acciones y estado, en tres sistemas: alimentario, agrícola y de conservación (Bioversity International, 2018). Por su naturaleza el IAB es muy complejo y está integrado por múltiples metodologías específicas que integran diferentes tipos de datos, por esta razón en esta investigación se mide específicamente el estado.

En la Tabla 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, éstas fueron revisadas para cada variable teniendo en cuenta la cantidad, actualidad y calidad de los datos.

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

Sistema	Indicador	Variables	Medición de variables y umbrales (min-máx)	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 <i>et al.</i> (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)	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 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)
	Biodiversidad del suelo	Diversidad de especies de ganado en el sistema productivo	Índice de diversidad de Shannon (0-3.08)	Robinson <i>et al.</i> (2014), datos de 2010.
		Riqueza de especies cultivadas	Conteo (0 -256)	Año agrícola 2020 (SIAP, 2020)*
		Índice de potencial de diversidad del suelo (dato espacial)	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 (dato espacial)	(0% - 100%)	Adaptado de: 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 <i>et al.</i> (2018) Sistema Nacional de Información Biológica (Géneros <i>physalis</i> y <i>amaranthus</i>)

Sistema	Indicador	Variables	Medición de variables y umbrales (min-máx)	Fuentes de información
		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) Datos obtenidos por solicitud formal: <i>Base de datos de semillas ortodoxas del Centro Nacional de Recursos Genéticos y otros bancos de semillas del INIFAP</i> CIAT, (2022)
	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. 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 Tabla 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 sub-cuencas”, 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. Estas modificaciones se realizaron con el fin de obtener datos más actuales, precisos y completos. Como resultado del cambio en las fuentes de información se modificaron los umbrales superiores de la variable “riqueza de especies en el sistema agrícola”, de 0-123 pasó a 0-256 y la variable “diversidad de especies de cultivos en la producción”, de 0 a 2.35 y se cambió de 0 a 2.79.

La medición del IAB se desarrolló 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 este análisis 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 emplearon las siguientes ecuaciones:

Estandarización de las variables =

$$\frac{X - \min(X)}{\max(X) - \min(X)} \times 100$$

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

Puntaje de indicadores =

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

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

40), moderadas (41-60), altas (61-80) y muy altas (81-100).

Índice del Estado de Agrobiodiversidad (IEA) =

$$\frac{\sum Es(s) S}{\text{Número de sistemas medidos}}$$

Dónde: 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-

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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) (Tabla 2).

Tabla 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
		Diversidad varietal	86.3	Diversidad de razas de ganado	86.3
Agrícola	63.1	Diversidad de especies en el sistema agrícola	71.1	Porcentaje de tierras de 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
				Índice de potencial de diversidad del suelo	54
Conservación	38.4	Complejidad del paisaje	41.1	% de tierra agrícola con más del 10% de vegetación natural	41.1
		Diversidad varietal en el sistema de recursos genéticos	18.4	Diversidad varietal en bancos de genes	18.4
		Diversidad de especies	64.9	Diversidad de especies de parientes silvestres de cultivos	93.6
				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		

La medición de los datos espaciales, que corresponden a los indicadores “biodiversidad del suelo” y “complejidad del paisaje”, mostraron que la biodiversidad del suelo se distribuye de manera heterogénea, las zonas con índices más altos se encuentran principalmente en el suroriente del país (figura 1) esto coinciden con los territorios con una mayor cobertura de vegetación natural en tierras agrícolas (figura 2).

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 las fuentes de información para el análisis.

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 e 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 (Pérez-Tepayo *et al.*, 2020).



Figura 1. Índice de biodiversidad del suelo para México.

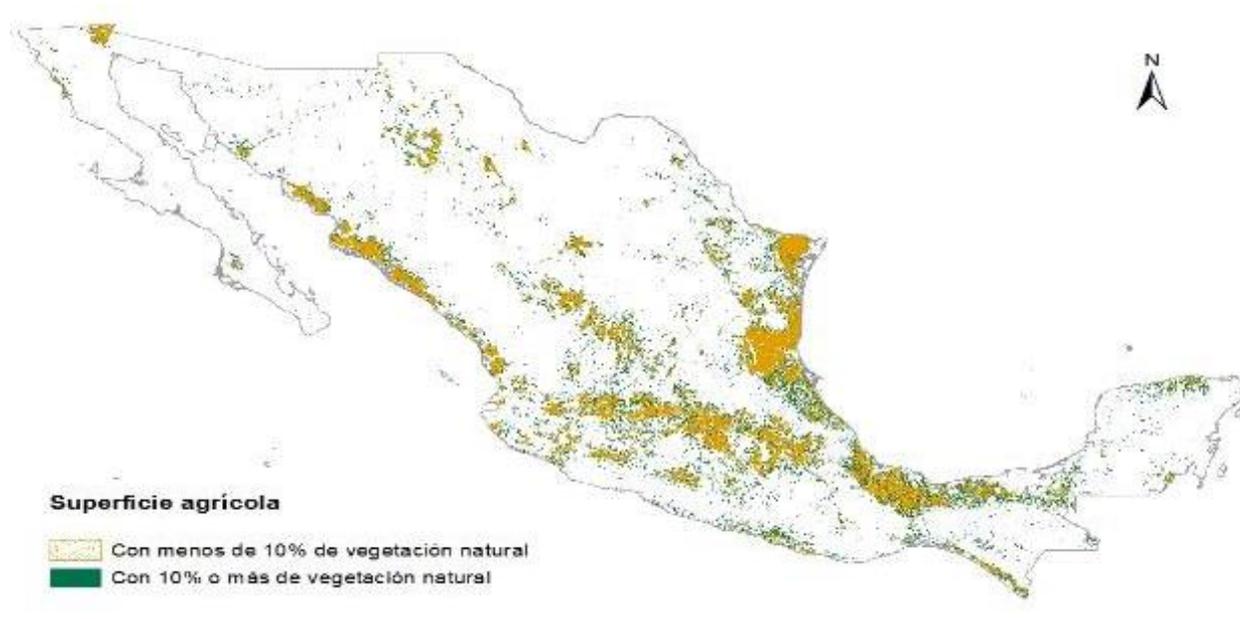


Figura 2. Porcentaje de vegetación natural en superficie agrícola en México.

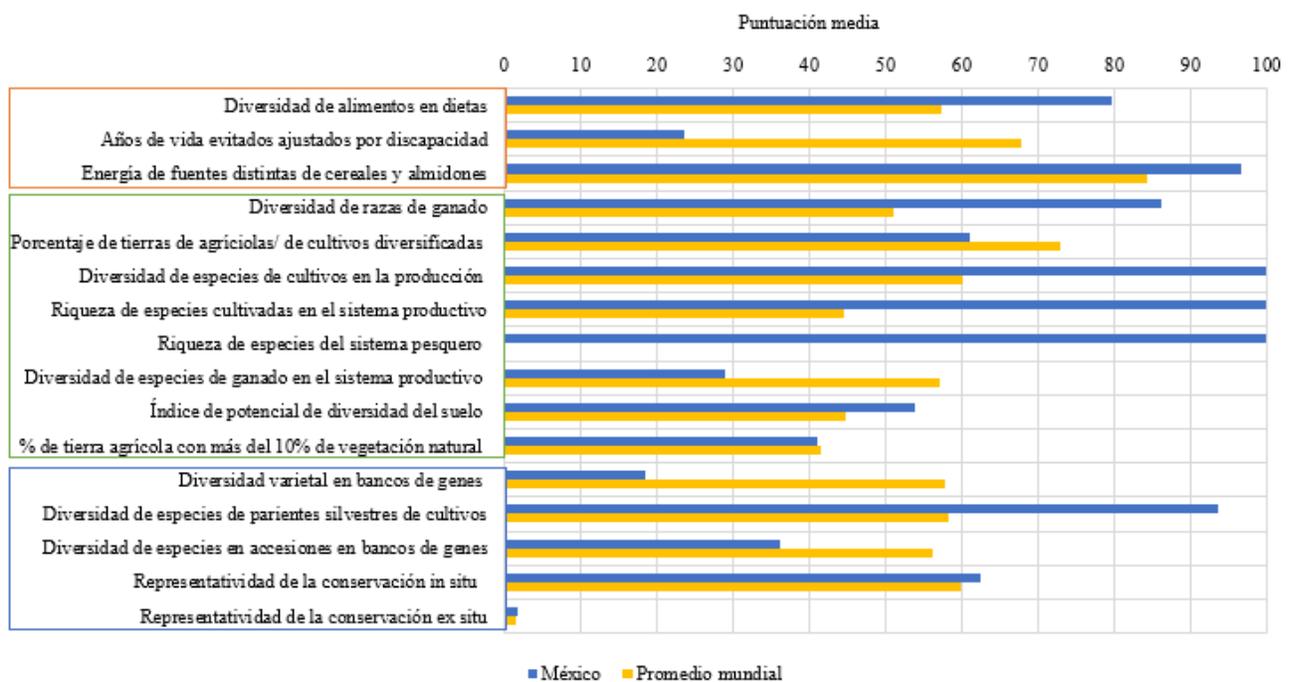


Figura 3. Comparación de los resultados de las variables implementadas en México y el promedio global. Escala de 0 (menos deseable) a 100 (más deseable).

También ha disminuido la ingesta de frutas, vegetales y legumbres (INEGI e Instituto Nacional de Salud Pública, 2019), estas prácticas alimentarias sumadas a baja actividad física y una alta ingesta de sodio proveniente de alimentos industrializados (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), 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 (White y 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 escasez del agua y los efectos del cambio climático (Haro *et al.*, 2021; Hernández-Ochoa *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 (Anderzén *et al.*, 2020; LaFevor 2022). 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 y 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 (Gatto *et al.*, 2021; Snyder *et al.*, 2020).

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 (Akhalkatsi *et al.*, 2017; 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 las 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. (Goetsch *et al.*, 2021). 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 (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

Los resultados de esta investigación demuestran que 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 de Agrobiodiversidad, como la desarrollada por 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 IAB se generarán 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 puntajes fueron altos, existen fuentes de alimentación diversificadas, estas opciones incluyen alimentos cuya energía proviene de fuentes distintas a los almidones y cereales. 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, peces y ganado, mientras que las variables relacionadas con biodiversidad del suelo y complejidad del paisaje fueron bajas. En este sistema se requiere 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 obtuvo bajos puntajes, contrastan los puntajes altos en la conservación de parientes silvestres de cultivos y los bajos puntajes en la conservación *ex situ* e *in situ* de especies silvestres. Los resultados demuestran que se ha dado mayor prioridad a las especies comerciales del país, mientras que la conservación de especies no comerciales está poco atendida y estudiada.

Para hacer una mejor gestión y uso sostenible de la agrobiodiversidad se requiere 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 información clara sobre los niveles infra específicos. En cuanto al sistema agrícola se requiere de precisión biológica de las fuentes del SIAP.

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.

Author contribution statement (CRediT). **L.J. Escárraga-Torres** – Conceptualization, Data curation, Investigation, Methodology, Writing – original draft. **J.A. Cuevas-Sánchez** – Writing – review and editing. **M.L. Maldonado-Méndez** – Data curation, Software, Writing – review and editing. **J. Baca-Del Moral** – Writing – review and editing. **N. Sibelet** – Supervision, Validation, Writing – review and editing.

REFERENCIAS

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., Bensenor, I.M., Bernabe, E., Biadgilign, S.K.K., Biryukov, S.H., Cahill, L.E., Carrero, J.J., Cercy, K.M., Dandona, L., Dandona, R., Dang, A.K., Degefa, M.G., Zaki, M.E.S., Esteghamati, A., Esteghamati, S., Fanzo, J., Farinha, C.S. e S.,

Farvid, M.S., Farzadfar, F., Feigin, V.L., Fernandes, J.C., Flor, L.S., Foigt, N.A., Forouzanfar, M.H., Ganji, M., Geleijnse, J.M., Gillum, R.F., Goulart, A.C., Grosso, G., Guessous, I., Hamidi, S., Hankey, G.J., Harikrishnan, S., Hassen, H.Y., Hay, S.I., Hoang, C.L., Horino, M., Ikeda, N., Islami, F., Jackson, M.D., James, S.L., Johansson, L., Jonas, J.B., Kasaeian, A., Khader, Y.S., Khalil, I.A., Khang, Y.-H., Kimokoti, R.W., Kokubo, Y., Kumar, G.A., Lallukka, T., Lopez, A.D., Lorkowski, S., Lotufo, P.A., Lozano, R., Malekzadeh, R., März, W., Meier, T., Melaku, Y.A., Mendoza, W., Mensink, G.B.M., Micha, R., Miller, T.R., Mirarefin, M., Mohan, V., Mokdad, A.H., Mozaffarian, D., Nagel, G., Naghavi, M., Nguyen, C.T., Nixon, M.R., Ong, K.L., Pereira, D.M., Poustchi, H., Qorbani, M., Rai, R.K., Razo-García, C., Rehm, C.D., Rivera, J.A., Rodríguez-Ramírez, S., Roshandel, G., Roth, G.A., Sanabria, J., Sánchez-Pimienta, T.G., Sartorius, B., Schmidhuber, J., Schutte, A.E., Sepanlou, S.G., Shin, M.-J., Sorensen, R.J.D., Springmann, M., Szponar, L., Thorne-Lyman, A.L., Thrift, A.G., Touvier, M., Tran, B.X., Tyrovolas, S., Ukwaja, K.N., Ullah, I., Uthman, O.A., Vaezghasemi, M., Vasankari, T.J., Vollset, S.E., Vos, T., Vu, G.T., Vu, L.G., Weiderpass, E., Werdecker, A., Wijeratne, T., Willett, W.C., Wu, J.H., Xu, G., Yonemoto, N., Yu, C. and 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*, [online] 393(10184), pp. 1958-1972. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)30041-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30041-8).

Akhalkatsi, M., Otte, A., Togonidze, N., Bragvadze, T., Asanidze, Z., Arabuli, G., Chikhelidze, N. and Mazanishvili, L., 2017. Agrobiodiversity and genetic erosion of crop varieties and plant resources in the Central Great Caucasus. *Annals of Agrarian Science*, [online] 15(1), pp.11–16. <https://doi.org/10.1016/j.aasci.2016.12.002>.

Anderzén, J., Guzmán Luna, A., Luna-González, D.V., Merrill, S.C., Caswell, M., Méndez, V.E., Hernández Jonapá, R. and Mier y Terán Giménez Cacho, M., 2020. Effects of on-farm diversification strategies on smallholder coffee farmer food security and income sufficiency in Chiapas, Mexico. *Journal of Rural Studies*, [online] 77, pp. 33-46.

- <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.04.001>.
- Bangermex, 2022. *Sistema de Información de Bancos de Germoplasma Mexicano*. [online] Available at: <http://162.243.160.96:8080/Sbd-Germoplasma/bancos>.
- Bioversity International, 2018. *The Agrobiodiversity Index: Methodology Report v.1.0*. [online] Rome, Italy: Bioversity International. Available at: https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user_upload/AA_Publications/Methodology_Index_1.pdf.
- Boggia, A., Massei, G., Pace, E., Rocchi, L., Paolotti, L. and Attard, M., 2018. Spatial multicriteria analysis for sustainability assessment: A new model for decision making. *Land Use Policy*, [online] 71, pp. 281-292. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.036>.
- CIAT, 2018. *A global database for the distributions of crop wild relatives. Version 1.12*. [online] Available at: <https://doi.org/10.15468/jyrthk>. [Accessed 16 March 2022].
- CIAT, 2022. *Useful Plants Indicator / CIAT*. [online] Available at: <https://ciat.cgiar.org/usefulplants-indicator/> [Accessed 10 March 2022].
- CICY, 2020. *Banco de germoplasma*. [online] Available at: <http://www2.cicy.mx/sitios/germoplasma#:~:text=Banco%20de%20semillas.&text=Esta%20es%20la%20forma%20m%C3%A1s,pu eden%20almacenar%20a%20bajas%20temperaturas>.
- CONABIO, 2013. *Proyecto global de maíces nativos (bases de datos)*. [online] Biodiversidad Mexicana. Available at: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/proyectoMaices> [Accessed 16 March 2022].
- Contreras, A., Cortes-Cruz, M., Costich, D., Rico-Arce, M., Brehm, J. and Maxted, N., 2018. A Crop Wild Relative Inventory for Mexico. *Crop Science*, 58, p.1292. <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.07.0452>.
- Cotler, H., Corona, J.A. and Galeana-Pizaña, J.M., 2020. Soil erosion and food deficiency in Mexico: a first approach. *Investigaciones geográficas*, [online] (101). <https://doi.org/10.14350/ig.59976>.
- Doebley, J.F., Gaut, B.S. and Smith, B.D., 2006. The molecular genetics of crop domestication. *Cell*, 127(7), pp. 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*. [online] Available at: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5548785&fecha=24/01/2019.
- ESA, 2021. *Land Cover CCI. Land Cover Map 2020*. [online] Available at: <http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.php>.
- FAO, 2019a. *El sistema alimentario en México. Oportunidades para campo mexicano en la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible*. [online] Available at: <http://www.fao.org/3/CA2910ES/ca2910es.pdf>.
- FAO, 2019b. *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*. [online] Rome, Italy: FAO. p.530. Available at: <http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>.
- FAO, 2021. *Food Security Indicators*. [online] Available at: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FS> [Accessed 15 March 2022].
- FAO, 2022a. *Domestic Animal Diversity Information System (DAD-IS)*. [online] Available at: <https://www.fao.org/dad-is/en/> [Accessed 15 March 2022].
- FAO, 2022b. *Food Balance Sheet*. [online] Available at: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>.
- Gatto, M., de Haan, S., Laborte, A., Bonierbale, M., Labarta, R. and Hareau, G., 2021. Trends in Varietal Diversity of Main Staple Crops in Asia and Africa and Implications for Sustainable Food Systems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, [online] 5. Available at:

- <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2021.626714> [Accessed 18 July 2022].
- Genesys, 2021. *Global Portal on Plant Genetic Resources*. [online] Available at: <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., González-Pérez, E., Hernández-Apolinar, M., Herrera-Cabrera, B.E., Jefferson, M., Kell, S., Lira-Saade, R., Lorea-Hernández, F., Martínez, M., Mastretta-Yanes, A., Maxted, N., Menjívar, J., de los Ángeles Mérida Guzmán, M., Morales Herrera, A.J., Oliveros-Galindo, O., Orjuela-R., M.A., Pollock, C.M., Quintana-Camargo, M., Rodríguez, A., Ruiz Corral, J.A., Sánchez González, J. de J., Sánchez-de la Vega, G., Superina, M., Tobón Niedfeldt, W., Tognelli, M.F., Vargas-Ponce, O., Vega, M., Wegier, A., Zamora Tavares, P. and Jenkins, R.K.B., 2021. Extinction risk of Mesoamerican crop wild relatives. *Plants, People, Planet*, [online] 3(6), pp. 775-795. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10225>.
- Haro, A., Mendoza-Ponce, A., Calderón-Bustamante, Ó., Velasco, J.A. and Estrada, F., 2021. Evaluating Risk and Possible Adaptations to Climate Change Under a Socio-Ecological System Approach. *Frontiers in Climate*, [online] 3. Available at: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/ clim.2021.674693> [Accessed 19 April 2022].
- 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*, [online] (275), pp. 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. and Hoogenboom, G., 2018. Climate change impact on Mexico wheat production. *Agricultural and Forest Meteorology*, [online] 263, pp. 373-387. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.09.008>.
- Hunter, D., Borelli, T. and Gee, E. eds., 2020. *Biodiversity, Food and Nutrition: A New Agenda for Sustainable Food Systems*. [online] Bioersivity International. Available at: <https://www.routledge.com/Biodiversity-Food-and-Nutrition-A-New-Agenda-for-Sustainable-Food-Systems/Hunter-Borelli-Gee/p/book/9780367141516> [Accessed 21 March 2021].
- INEGI, 2019. *Encuesta Nacional Agropecuaria 2019*. [online] Available at: <https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2019/> [Accessed 29 May 2021].
- International Food Policy Research Institute, 2019. *Global Spatially-Disaggregated Crop Production Statistics Data for 2010 Version 1.1. Harvard Dataverse, V3*. [online] Available at: <https://doi.org/10.7910/DVN/PRFF8V>.
- Jones, S.K., Estrada-Carmona, N., Juventia, S.D., Dulloo, M.E., Laporte, M.-A., Villani, C. and Remans, R., 2021. Agrobiodiversity Index scores show agrobiodiversity is underutilized in national food systems. *Nature Food*, [online] 2(9), pp. 712-723. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00344-3>.
- Juventia, S., Jones, S., Laporte, M., Remans, R., Villani, C. and Estrada-Carmona, N., 2020. Text Mining National Commitments towards Agrobiodiversity Conservation and Use. *Sustainability*, 12, p.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. and Jarvis, A., 2019. Comprehensiveness of conservation of useful wild plants: An operational indicator for biodiversity and sustainable development targets. *Ecological Indicators*, [online] 98, pp. 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. and Struik, P.C., 2014.

- Increasing homogeneity in global food supplies and the implications for food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, [online] 111(11), pp. 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. and Thormann, I., 2021. Crop genetic erosion: understanding and responding to loss of crop diversity. *New Phytologist*, [online] n/a(n/a).
<https://doi.org/10.1111/nph.17733>.
- LaFevor, M.C., 2022. Spatial and Temporal Changes in Crop Species Production Diversity in Mexico (1980–2020). *Agriculture*, [online] 12(7), p.985.
<https://doi.org/10.3390/agriculture12070985>.
- Lippert, C., Feuerbacher, A. and Narjes, M., 2021. Revisiting the economic valuation of agricultural losses due to large-scale changes in pollinator populations. *Ecological Economics*, [online] 180, p.106860.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106860>.
- Luque, D., Gay, C. and Ortiz, B. eds., n.d. *Complejos bioculturales de México. Bienestar comunitario en escenarios de cambio climático*. [online] Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Available at:
https://patrimoniobiocultural.com/archivos/publicaciones/libros/Complejos_bioculturales.pdf.
- OECD, 2019. *The Heavy Burden of Obesity: The Economics of Prevention | en | OECD*. [online] OECD. Available at:
<https://www.oecd.org/health/the-heavy-burden-of-obesity-67450d67-en.htm> [Accessed 31 March 2022].
- Okunogbe, A., Nugent, R., Spencer, G., Ralston, J. and Wilding, J., 2021. Economic impacts of overweight and obesity: current and future estimates for eight countries. *BMJ Global Health*, [online] 6(10), p.e006351.
<https://doi.org/10.1136/bmjgh-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. and 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*, [online] 52(4), pp. 443-449.
<https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2020.12.002>.
- Pérez-Tepayo, S., Rodríguez-Ramírez, S., Unar-Munguía, M. and Shamah-Levy, T., 2020. Trends in the dietary patterns of Mexican adults by sociodemographic characteristics. *Nutrition Journal*, [online] 19(1), p.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'Aietti, L., Hay, S.I. and Gilbert, M., 2014. Mapping the Global Distribution of Livestock. *PLOS ONE*, [online] 9(5), p.e96084.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0096084>.
- SEMARNAT, 2022. *Elabora SEMARNAT plan para incentivar la agroecología en México*. [online] gob.mx. Available at:
<http://www.gob.mx/semarnat/prensa/elabora-semarnat-plan-para-incentivar-la-agroecologia-en-mexico?state=published> [Accessed 7 April 2022].
- 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*. [online] México: Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. p.319. Available at:
<https://www.gob.mx/snics/documentos/informe-nacional-recursos-fitogeneticos-para-la-alimentacion-y-la-agricultura>.
- Snyder, L.D., Gómez, M.I. and Power, A.G., 2020. Crop Varietal Mixtures as a Strategy to Support Insect Pest Control, Yield, Economic, and Nutritional Services. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, [online] 4. Available at:
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2020.00060> [Accessed 18 July 2022].

- Toledo, Barrera-Bassols and Boege, E., 2019. *¿Qué es la diversidad biocultural?* [online] Michoacán: Universidad Nacional Autónoma de México (Proyecto PAPIME: PE404318). Available at: <https://patrimoniobiocultural.com/producto/que-es-la-diversidad-biocultural/>.
- Vargas-Meza, J., Cervantes-Armenta, M.A., Campos-Nonato, I., Nieto, C., Marrón-Ponce, J.A., Barquera, S., Flores-Aldana, M. and Rodríguez-Ramírez, S., 2022. Dietary Sodium and Potassium Intake: Data from the Mexican National Health and Nutrition Survey 2016. *Nutrients*, [online] 14(2), p.281. <https://doi.org/10.3390/nu14020281>.
- Vincent, H., Amri, A., Castañeda-Álvarez, N.P., Dempewolf, H., Dulloo, E., Guarino, L., Hole, D., Mba, C., Toledo, A. and Maxted, N., 2019. Modeling of crop wild relative species identifies areas globally for in situ conservation. *Communications Biology*, [online] 2(1), pp. 1-8. <https://doi.org/10.1038/s42003-019-0372-z>.
- Vincent, H., Hole, D. and Maxted, N., 2022. Congruence between global crop wild relative hotspots and biodiversity hotspots. *Biological Conservation*, [online] 265, p.109432. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109432>.
- White, M. and Barquera, S., 2020. Mexico Adopts Food Warning Labels, Why Now? *Health Systems & Reform*. [online] Available at: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0/23288604.2020.1752063> [Accessed 19 September 2021].
- Zimmerer and Haan, S., 2017. Agrobiodiversity and a sustainable food future. *Nature Plants*, 3, p.17047. <https://doi.org/10.1038/nplants.2017.47>.