

SABERES TRANSGENERACIONALES EN EL CULTIVO DE MAÍZ DE TEMPORAL EN SAN PABLO DEL MONTE, TLAXCALA, MÉXICO

Galindo-Reyes G.¹, Muñoz-Máximo I.², Santoyo-Martínez M.³, Tenorio-Arvide M. G.^{4*}

1. Estudiante de Maestría en Tecnologías Agrícolas Limpias

Centro de Investigación en Ciencias Agrícolas (CICA-BUAP), Instituto de Ciencias (ICUAP), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

2. Área de Geociencias Aplicadas, Departamento de Recursos Tecnológicos, Dirección de Innovación y Transferencia de Conocimiento (DITCo), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Prolongación de la 24 Sur y Av. San Claudio, Ciudad Universitaria, Col. San Manuel C.P. 72570, Puebla, Puebla, México.

3. Posdoctorante, Centro de Investigaciones en Ciencias Agrícolas (CICA), Instituto de Ciencias (ICUAP), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 14 sur 6301, Fracc. Jardines de San Manuel, CP 72570 Puebla, Puebla, México. teléfono (+52) 222 2 29 55 00 Ext. 7043

4.*Profesor Investigador. Centro de Investigaciones en Ciencias Agrícolas (CICA), Instituto de Ciencias (ICUAP), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 14 sur 6301, Fracc. Jardines de San Manuel, CP 72570 Puebla, Puebla, México. teléfono (+52) 222 2 29 55 00 Ext. 7043.

***Autor de correspondencia:** tenorio.arvide@correo.buap.mx

RESUMEN

El estudio analiza la gestión del cultivo de maíz de temporal en San Pablo del Monte, Tlaxcala, implementando prácticas agroecológicas y conocimientos tradicionales adquiridos de manera transgeneracional. El objetivo fue documentar la interacción entre los métodos tradicionales y las prácticas agroecológicas actuales, el estudio se realizó en una parcela de 0.5 hectáreas en un ciclo agrícola. Las prácticas implementadas incluyeron biofertilización de semillas con bacterias fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fosfato, combinación de lombricomposta y urea para enriquecer el suelo, zanjas de infiltración para el manejo del agua de lluvia y control manual de arvenses mediante hoz y machete. Se observó que la biofertilización facilitó la transformación y disponibilidad de nutrientes, lo que promovió una germinación uniforme y el crecimiento vigoroso de las plántulas, mientras que la fertilización combinada aportó materia orgánica y nutrientes induciendo la generación de plantas más fuertes, resistentes a la radiación solar, estrés hídrico e incrementando la productividad. Las zanjas de

infiltración funcionaron como reservorios temporales de agua, actuaron como barreras para la retención de suelo y redujeron la erosión hídrica. El control manual de arvenses permitió prescindir de herbicidas, favoreciendo la biodiversidad del agrosistema. El estudio destaca la importancia de combinar los conocimientos tradicionales con enfoques agroecológicos para fortalecer la sostenibilidad del cultivo de maíz. La aplicación de estas técnicas contribuye a la seguridad alimentaria, la conservación del suelo y la reducción del uso de insumos químicos, proponiendo una reconversión del agroecosistema hacia un modelo de producción agroecológica.

Palabras clave: *Agroecología, Prácticas agroecológicas, Conocimientos tradicionales.*

ABSTRACT

The study analyzes the management of rainfed maize cultivation in San Pablo del Monte, Tlaxcala, implementing agroecological practices and traditional knowledge learned transgenerationally. The objective was to document the interaction between traditional methods and current agroecological practices in a 0.5-hectare plot in one agricultural cycle. The practices implemented included biofertilization of seeds with nitrogen-fixing and phosphate-solubilizing bacteria, a combination of vermicompost and urea to enrich the soil, infiltration ditches for rainwater management, and manual weed control by sickle and machete. It was observed that biofertilization facilitated the transformation and availability of nutrients, which promoted uniform germination and vigorous seedling growth, while combined fertilization provided organic matter and nutrients, inducing the generation of more vigorous plants, resistant to solar radiation, water stress, and increased productivity. The infiltration trenches functioned as temporary water reservoirs, acted as soil retention barriers, and reduced water erosion. The manual control of weeds made it possible without herbicides, favoring the biodiversity of the agroecosystem. The study highlights the importance of combining traditional knowledge with agroecological approaches to strengthen the sustainability of maize cultivation. Applying these techniques contributes to food security, soil conservation, and reducing chemical inputs, proposing a reconversion of the agroecosystem towards an agroecological production model.

Key words: *Agroecology, Agroecological practices, Traditional knowledge.*

INTRODUCCIÓN

Actualmente, existe una creciente necesidad de rediseñar los sistemas agrícolas hacia modelos sostenibles, reestructuración primordial para combatir la pobreza, y adversidades del cambio climático, pérdida de biodiversidad, degradación de los recursos hídricos y terrestres (Mouratiadou et al., 2024), esto se prioriza en el objetivo de desarrollo sostenible (ODS) 2, poner fin al hambre y objetivo 15 gestión sostenible de los ecosistemas terrestres (Dagunga et al., 2023), siendo la agroecología, una alternativa dinámica e integral para optimizar el manejo de los sistemas agrícolas enfatizando las interacciones entre plantas, animales y humanos, promoviendo un sistema alimentario equitativo; abordando la demanda de alimentos y la mitigación de daños ambientales (Zeng et al., 2023).

La agroecología se entiende como un enfoque integral de prácticas agrícolas que busca optimizar las técnicas agrícolas mediante el aprovechamiento de los procesos naturales, promoviendo las interacciones biológicas favorables y sinergias entre los distintos componentes que integran los agroecosistemas, promoviendo así su sostenibilidad ecológica (Wezel et al., 2020), reduciendo la dependencia de recursos externos, incorporando saberes tradicionales y nativos, además de una creciente asociación con las demandas de políticas por un sistema alimentario más equitativo, lo que impulsa la búsqueda de soluciones integrales que beneficien tanto a las comunidades como al medio ambiente (Walthall et al., 2024). Dentro del ámbito de la investigación agroecológica, Gliessman desarrolló una metodología en la conversión agroecológica, basada en 5 niveles de transformación del sistema alimentario, en donde se plantea un proceso de transición progresiva, a partir de un punto de partida común de agroecosistemas intensivos en recursos externos, monocultivos o prácticas convencionales, en donde, los cambios implementados se emplean únicamente a nivel de campo y de parcela (Moeller et al., 2023).

A nivel mundial, una tercera parte de los suelos se encuentran de moderada a altamente degradados, ocasionado por prácticas de manejo insostenible como el cultivo intensivo y uso inadecuado de insumos agrícolas, en consecuencia, la principal fuente de contaminación de suelo es la explotación agrícola (FAO, 2024). En México, el 50% del territorio es de uso agrícola, y cerca del 64% de los suelos presenta deterioro, y al menos un 12% del territorio mexicano presenta signos de afectación severa o extrema del suelo; por otro lado, el 28% de los productores agrícolas informan tener problemas relacionados con

la fertilidad de sus suelos, y practicar monocultivo, labranza intensiva, mal manejo postcosecha y malas condiciones de suelo (Ortiz et al., 2022). Actualmente, Tlaxcala ocupa el segundo lugar a nivel Nacional como el estado más afectado por erosión, del total de su superficie, el 92.9% presenta problemas de erosión, el 44.9% es moderada, 15.6% leve, 16.3% fuerte y el 16.8% extrema, bajo esta perspectiva, agricultores tlaxcaltecas han observado que las características climáticas de su región han cambiado, en 1) el atraso del inicio de la temporada de lluvias, anteriormente iniciaban en mayo y ahora se extiende hasta junio, 2) se ha prolongado la etapa de sequías desde mayo hasta junio y 3) el periodo de heladas, inicia en el mes de septiembre (Vega et al., 2022). Por ello, el cambio hacia prácticas agrícolas ecológicas ha tomado relevancia, se presentan como una alternativa viable a las dificultades ambientales, estas prácticas favorecen la mejora de la salud del suelo, la conservación del agua, disminuyen la dependencia de insumos químicos, y contribuyen en la mitigación de los efectos del llamado cambio climático (Sekhar et al., 2024).

La palabra agricultura es un término amplio, se utiliza para referirse a diversas formas en que los cultivos y animales domésticos proporcionan productos alimenticios inocuos a la humanidad. Con frecuencia este término se utiliza para describir formas particulares de agricultura, como el tipo de suelo, frecuencia de siembra y principales cultivos (Harris & Fuller, 2014). El término agricultura convencional se define como una práctica de agricultura ordinaria o común y/o a la agricultura que queda fuera de una categoría netamente delimitada, se emplea para hacer una comparación analítica o de control, con el que se compara una alternativa (Sumberg y Giller, 2022). Las prácticas relacionadas con la labranza intensiva, monocultivos, la quema de restos de cosecha y el uso de productos agroindustriales se han correlacionado con la pérdida de la estabilidad de los agregados del suelo y la materia orgánica, provocando efectos negativos que dañan al recurso natural en sus propiedades físicas, químicas, diversidad biológica tanto subterránea como superficial (Mamabolo et al., 2024). La agricultura convencional contrasta con la agroecología, esta última, se define como una ciencia transdisciplinaria que implementa conceptos y principios ecológicos a los sistemas agroalimentarios en diferentes niveles con base en la participación personal y grupal, a su vez, toma en cuenta de manera clara los aspectos políticos, económicos, sociales y ambientales, sustentado en el saber tradicional y comunitario (Bezner Kerr et al., 2023), la agroecología se apoya en prácticas que promueven interacciones complejas entre especies para enriquecer la diversidad biológica y fortalecer los procesos ecosistémicos favorables

como el ciclo de nutrientes y la gestión de arvenses, asimismo, el control fitosanitario, lo cual indica que prescinde de insumos agroquímicos (Sullivan, 2023).

La adopción de prácticas agroecológicas es voluntaria para los productores agrícolas y otros participantes del sistema alimentario, por ello, es fundamental entender los obstáculos que limitan su adopción y los aspectos que pueden facilitarla con el fin de impulsar su aplicación, los casos de éxito de adopción de la agroecología provienen en su mayoría de la agricultura familiar, globalmente se calcula que alrededor de un 30% de las fincas han implementado diversas prácticas agroecológicas o reestructuraron sus métodos de producción en función de los principios agroecológicos (Ewert et al., 2023). Diferentes enfoques agrícolas vinculados con la agroecología se han empleado tradicionalmente por pequeños agricultores de todas las latitudes buscando mejorar sus sistemas agrícolas con una inversión económica mínima, este enfoque no solo permite mejorar la productividad de manera sostenible, si no que permite enfrentar problemas como la erosión del suelo, es así cómo la agroecología ganó popularidad, particularmente en América Central y Latinoamérica (Carlile y Garnett, 2021).

En los últimos años, México ha enfrentado la pérdida de conocimientos tradicionales y saberes indígenas, a esto se suma la degradación del suelo, el abandono del campo y la contaminación genética de sus razas locales de cultivos (Gliessman, 2019), el incremento de pequeños productores y la expansión de suelos hacia una agroecología integral en México reflejan un proceso transformador en el ámbito agrícola. Se estima que un millón de pequeños productores manejan alrededor de 1.2 millones de hectáreas hacia esta transición, lo que pone de manifiesto la importancia y el impacto de la agroecología en el país (Toledo y Argueta, 2024). En Tlaxcala, la agroecología tiene profundas raíces en los conocimientos y prácticas de los pueblos indígenas y campesinos, quienes han desempeñado un papel primordial en la conservación y transmisión de la cultura del maíz, tal es el caso del Grupo Vicente Guerrero, una organización de campesinos que promueven y difunden prácticas agroecológicas (Alcántara, 2023). En el contexto de la agricultura ecológica tlaxcalteca, los productores implementan este tipo de agricultura, el 92% utilizan semillas nativas, 65% asociación de cultivos, el 66% aplica rotación de cultivos, y el 64% emplea técnicas de conservación de suelo y 66% realiza fertilización con estiércol (Vega et al., 2022).

A lo largo del tiempo, los agricultores han desarrollado un profundo conocimiento en prácticas agroecológicas integradas dentro de la agricultura tradicional, que vinculado con la innovación tecnológica y asistencia técnica resulta esencial para facilitar la transición y conversión de una agricultura convencional a una agricultura agroecológica (Hernández-Vázquez et al., 2022). En el ámbito de las prácticas agroecológicas se han logrado aportaciones significativas en la transformación de los sistemas agrícolas, estas contribuciones no solo son valiosas, sino que también merecen ser documentadas, permiten comprender los procesos de transición, las diversas perspectivas involucradas y los resultados alcanzados (Vincent-Fequiere et al., 2024).

El presente trabajo de investigación profundiza en la gestión del cultivo de maíz de temporal a lo largo de un ciclo agrícola, propone documentar las prácticas más relevantes fusionando el conocimiento tradicional con las prácticas agroecológicas aprendidas. Al eliminar el uso de herbicidas y plaguicidas químicos, se busca mejorar la fertilidad del suelo, reducir la erosión, favorecer la retención de humedad e incrementar la materia orgánica, de esta manera, se prevé contribuir a la resiliencia del agroecosistema y a la sostenibilidad de la producción agrícola.

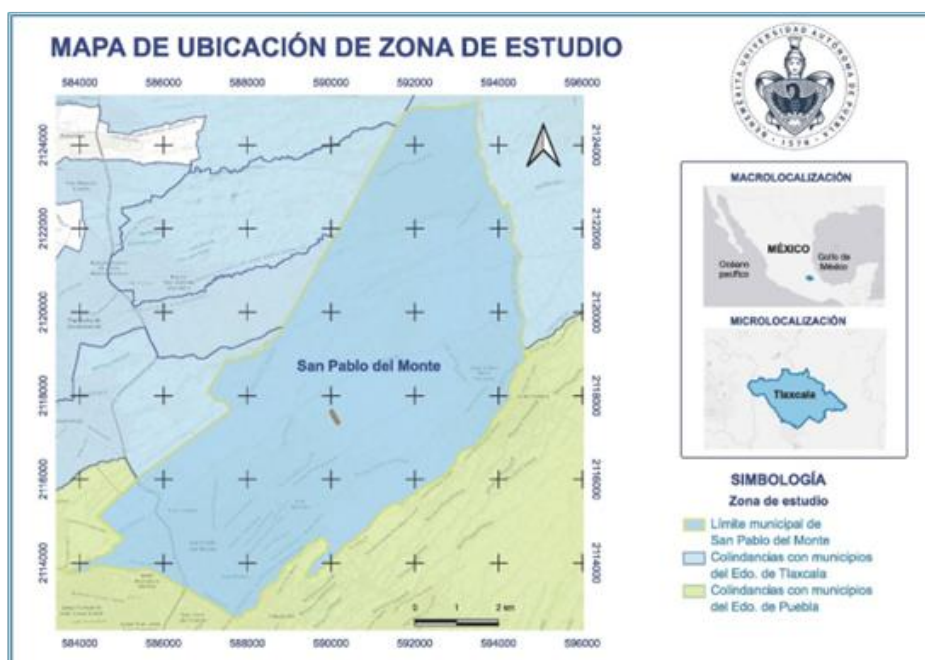
MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de Estudio

Localización

San Pablo del Monte se localiza al sur del estado de Tlaxcala a 2,291 metros sobre el nivel del mar (Figura 1), las coordenadas geográficas son 19° 07' 11" de latitud norte y 98° 10' 13" de longitud oeste (INEGI, 2017), el Municipio forma parte de los asentamientos ubicados al suroeste de la Malintzin, la superficie tiene una pendiente del 2% al 6% en dirección noreste-suroeste (Periódico Oficial DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE TLAXCALA, 1996). El clima es del tipo C(W₁)(w), templado subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura media anual permanece entre 10 y 16 °C,; la precipitación media anual varía entre 700 y 1,000 milímetros, en cuanto al periodo de heladas va de 40 a 60 días, particularmente en invierno generado afectaciones a las zonas agrícolas (Fernández y López-Domínguez, 2006), la edafología se compone por la presencia de suelos del tipo Luvisol (36.82%), Arenosol (29.77%), Cambisol (4.23%) y Regosol (1.09%) (INEGI, 2010).

Figura 1. Localización del área de estudio denominado "Xaxahuentzín" en la zona norte de San Pablo del Monte a una altitud de 2,480 ms.n.m.



Fuente: elaboración propia a partir de INEGI y software especializado.

Las prácticas agroecológicas se implementaron en la zona norte de San Pablo del Monte, Tlaxcala, México en una parcela de 0.5 hectárea, ejecutándose de la siguiente manera:

1. Biofertilización de la semilla y siembra

Antes de la siembra, las semillas fueron tratadas con biofertilizantes a base de bacterias fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fosfato, estos microorganismos buscan facilitar la disponibilidad de nutrientes para la plántula, es decir, promueven el crecimiento y desarrollo de la plántula mediante la transformación de componentes fundamentales de nutrientes no disponibles mediante procesos biológicos como la fijación de nitrógeno y, la mineralización y liberación del fósforo (Cheng et al., 2023; Vats et al., 2021)

2. Enriquecimiento del suelo con fertilizantes orgánicos y químicos

Para mejorar la fertilidad del suelo, se aplicó una combinación de lombricomposta a base de estiércol de borrego y urea granular. Esta estrategia busca aprovechar los beneficios de la materia orgánica y el nitrógeno sintético, proporcionando una mezcla de nutrientes y materia orgánica que favorezca al desarrollo del cultivo (Gong et al., 2023).

3. Manejo del agua de lluvia mediante zanjas de infiltración

Con el objetivo de mitigar la erosión hídrica, reducir el deslave del suelo y fomentar la captación de agua de lluvia, se implementó una estrategia de manejo del agua en el cultivo de maíz (Pérez et al., 2017). En cada surco, se excavaron zanjas de recuperación de agua e infiltración, con dimensiones de aproximadas de 40 cm de profundidad por 80 cm a 1 m de largo y 40 cm de ancho. Estas estructuras se construyeron de manera escalonada, distribuidas en cuatro hileras dentro del polígono de la parcela, de manera que, permitan controlar el flujo y la intensidad del agua

4. Control agroecológico de arvenses

En lugar de recurrir al uso de agroquímicos para el control de plagas, se implementó un manejo manual de arvenses, utilizando herramientas como la hoz y machete, se mantuvo la altura de la maleza en promedio a 40 cm. Esta medida incentiva a mantener la biodiversidad local fortalece la resiliencia del suelo y contribuye a la conservación del equilibrio ecológico dentro del agroecosistema (Coulibaly et al., 2021).

La investigación tiene el enfoque de transición agroecológica propuesto por Gliessman (2007), esta metodología considera 5 niveles diferentes. En esta primera etapa se trabajaron el nivel 1 proponiendo aumentar la eficiencia en el uso de insumos, bajo el principio de reducir o eliminar insumos costosos y/o perjudiciales para el medio ambiente y nivel 2 sustitución de insumos y prácticas convencionales por alternativas agroecológicas, en donde los niveles 1 y 2 son catalogados como incrementales, en una segunda etapa se buscará alcanzar el nivel 3 considerado como transformacional, este nivel consiste en proponer el rediseño del sistema agrícola para aumentar la diversidad del sistema considerando métodos cualitativos y cuantitativos para su evaluación (Wezel et al., 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tal como en Alcántara, (2023), se ha tomado como referencia las vivencias, diálogos y enseñanzas aprendidas en el seno familiar, junto con la aplicación de conocimientos agroecológicos adquiridos en la formación académica, se presentan los siguientes resultados de la gestión del maíz de temporal, en el entendido que es un legado transgeneracional familiar activo que se ha transmitido a lo largo de las últimas tres generaciones, además el primer autor de este manuscrito manifiesta que desde temprana edad ha sido testigo y aprendiz del modelo agrícola tradicional de los abuelos quienes practicaron un sistema ancestral. A través de esta narrativa se observó como las prácticas de cultivo de maíz han experimentado una adaptación y transformación en el transcurso del tiempo, a medida que las condiciones económicas, la innovación tecnológica, así como también el acceso a nuevas tecnologías se fueron incorporando al sistema agrícola familiar, situación similar se documenta en Martínez-Molina y Solis-Espallargas, (2020).

Aprendiendo el sistema agrícola familiar

El ciclo agrícola del cultivo de maíz inicia con el barbecho, actividad que consiste en la incorporación de restos de cosecha al suelo. Ellos (los abuelos) empíricamente, utilizaron arado tirado por animales (bueyes o mulas principalmente) para el volteado de la capa arable, exponiendo a la superficie la capa inferior que tiene menor contenido de materia orgánica con respecto a la capa superior para agilizar su descomposición, como actividad complementaria hacían la nivelación del terreno, actualmente esta práctica ha sido documenta por Báez et al., (2017). El nivelado del suelo consistía en usar una viga de madera de aproximadamente 3 metros (por ello el abuelo acostumbraba a llamar vigado al proceso de nivelar el suelo) y sobre ella se colocaba cierto peso de entre 50 a 70 kg, o en ocasiones los abuelos se posicionaban sobre la viga para adicionar el peso requerido y, mediante tracción animal hacían pasar la viga sobre el barbecho en principio para eliminar líneas generadas por el arado, al mismo tiempo romper los terrones de tierra, con el propósito de nivelar y reconformar el suelo y en consecuencia evitar pérdida de humedad.

Durante vacaciones de cada diciembre, los abuelos solicitaban a los padres el permiso para que sus nietos lo acompañaran a las parcelas, dado que era el momento de preparar el suelo para el cultivo. El abuelo solía decir: *"Hija, préstame a los niños porque necesito barbechar y requeriré su apoyo durante el*

proceso de labranza y vigado del terreno." Una vez en el campo, la labor consistía en seguir a la yunta, retirando las malezas que habían sido removidas por el arado. Durante el barbecho, el abuelo instruía pacientemente: *"Miren, niños, el sacomite ya está suelto; ahora deben sacudirlo hasta que quede libre de tierra y depositarlo en ese costal abierto, después, lo llevan hasta la orilla para que se seque y, más tarde, procederemos a su quema"*. Al concluir el barbecho, se continuaba con el vigado, el abuelo invitaba a subirse a la viga del arado y decía: *"Los llevaré a dar vueltas, pero sujétense bien no vayan a caer."*

La siembra de maíz se realiza con variedades nativas de granos en color blanco, azul y rojo, este proceso iniciaba a partir del 21 y hasta finales del mes de marzo, se efectuaba de la siguiente forma: con el arado tirado por mulas se construían los surcos, mientras se iban generando los surcos, familiares con pala derecha en los surcos recién labrados realizaban una perforación en el suelo a una profundidad de entre 7 a 12 centímetros buscando la humedad residual y depositaban entre 2 o 3 maíces, así como también una semilla de frijol y calabaza para finalmente haciendo uso del pie cubrían con tierra la abertura generada, esta forma de siembra se repetía tomando como referencia la distancia entre un paso y otro, esta práctica también se documenta en Maria-Ramirez & y Guevara-Romero, 2017). En cada temporada de siembra, la labor en la infancia consistía en surtir las semillas de maíz en los puntos de la parcela en donde los adultos las necesitaban.

La aplicación de estiércol vacuno, equino y bovino, además de aves de corral y cerdos, así como también de ceniza producto de la quema de leña y chinamite por las actividades de cocina y uso del baño de temazcal, era una práctica constante en cada ciclo agrícola como fuente de nutrientes de N, P y K, en igual forma, de otros macronutrientes y micronutrientes, con ello se mejoraba el rendimiento del cultivo incluida las propiedades físicas del suelo, esta práctica en apariencia empírica, ha sido reportada por Howe et al., (2024). La aplicación del estiércol se debía realizar antes de la primera escarda, para ello, se asignaban cubetas de capacidad media y usando como unidad de medida la unión de ambas manos a cada mata de milpas se le depositaba una cierta cantidad de estiércol y posteriormente con la primera escarda este se cubría y así se evitaba la pérdida del biofertilizante por acción del viento o por escorrentía de lluvias.

Cuando la planta de maíz alcanza una altura de aproximada de 20 a 30 cm (esto ocurre en los primeros 35-40 días posterior a la siembra) se realiza la primera escarda, este trabajo se hacía con yunta que

consistía en usar el cultivador y animales de tiro, el cultivador con sus miniarados adicionaba suelo al tallo de las milpas para dar forma al surco, conservar la humedad y dar soporte a la planta, permitiendo el anclaje de las raíces al suelo, al mismo tiempo, le sirve como mecanismo de defensa a los embates de las lluvias y ráfagas de viento (Castillo-Nonato, 2016). Llegado el momento para la primera escarda, el abuelo decía: “Vamos a destapar la milpa”, el pasaba primero con la cultivadora, abriendo el camino, mientras que el resto de la familia lo seguía de cerca. La tarea consistía en observar el espacio entre las matas para identificar aquellas que habían quedado cubiertas por suelo, y por lo consiguiente, con cuidado, son liberadas, procurando dejarlas lo más erguidas posible. Si alguna planta requiere mayor cobertura de tierra para su estabilidad, se añade manualmente. A fin de optimizar la actividad, se emplea una técnica sencilla pero efectiva, colocando una varita de acahual o de pastizal de aproximadamente 40 cm de longitud, junto a las más pequeñas, esto facilitaba la localización y asegura la atención para su desarrollo.

El abonado de las parcelas con fertilizante químico se realizaba justo antes de la segunda escarda, la aplicación de urea que es el fertilizante sintético más usado a nivel mundial en el sector agrícola como fuente de nitrógeno, tiene como objetivo lograr mejores rendimientos de los cultivos (Nagaraju et al., 2024). Cuando la urea entra en contacto con el suelo, se pronostica que se genere un proceso químico conocido como hidrólisis y que, en cuestión de días se transforme en amonio y nitrato disponible para las milpas (Davis et al., 2016). La labor en la fertilización con urea consistía en suministrar fertilizantes de manera oportuna, para ello, se utilizan cubetas de mediana capacidad para reabastecer el insumo exactamente en el punto donde se había agotado. Esta estrategia no solo permitía mantener un control sobre la aplicación del fertilizante, sino que también garantizaba la continuidad del proceso de abonado sin perder el punto de referencia, optimizando así la eficiencia en la aplicación del nutriente.

La segunda escarda se realiza entre los quince o veinte días después de realizada la primera, y está encaminada a cubrir la urea con suelo para evitar pérdidas de nitrógeno por volatilización o por escorrentía de lluvias, además, se termina de dar forma definitiva a los surcos y al mismo tiempo la eliminación de arvenses, esta práctica ha sido discutida en Castillo-Nonato, (2016).

El control y manejo de los arvenses en los cultivos son muy importantes debido a la experiencia de cada campesino tomando como referencia el conocimiento de las generaciones predecesoras, se realizaban

prácticas de control de manera manual, o con herramientas simples como la hoz, machete, azadón o como se mencionó anteriormente durante la primer y segunda escarda, debido a que, al estar blando el suelo se aprovechaba para ir desyerbando de manera manual (Mascorro-De Loera et al., 2024). El control de maleza era una actividad realizada durante los fines de semana, y su ejecución dependía de la habilidad que se iba adquiriendo con la práctica, por esta razón, inicialmente la eliminación de arvenses se llevaba a cabo de manera manual; sin embargo, conforme se avanzaba en el entrenamiento, se aprendía a utilizar herramientas como la hoz, el machete incluso el azadón, lo que agilizaba el proceso y mejoraba el rendimiento.

Despuntado de la milpa, esta labor se realizaba durante el proceso de producción de polen como un indicador de que ya era tiempo de iniciar dicha actividad, la caída de polvo amarillo de manera puntual marca el inicio del despunte (desespigamiento), que consiste en el corte del tallo por arriba de la mazorca, con ello se buscaba apresurar el sacado de la mazorca y el aprovechamiento de la espiga como forraje que servía para alimentar el ganado (Kato et al., 2009).

La rotación de cultivos también era parte de las prácticas agroecológicas específicamente la alternancia entre la triada y haba (*Vicia faba* L.), esta práctica como enfoque alternativo, ayudaba a evitar el agotamiento de nutrientes, mejoraba la fertilidad del suelo y contribuía a mejores rendimientos (Karavidas et al., 2020).

Aplicando los conocimientos adquiridos en los ámbitos tradicional y profesional.

Actualmente, con base en el conocimiento adquirido tanto de manera tradicional como profesional, se está avanzando en el proceso gradual de reconversión hacia un modelo integral de gestión agroecológica del maíz de temporal. A pesar de mantener el monocultivo de maíz, este enfoque no solo incorpora prácticas de manejo ambientalmente responsables, sino que también tiene el potencial de fortalecer la sostenibilidad agrícola a largo plazo. A medida que avanzó este proceso de transición agroecológica, las siguientes prácticas evidencian en primer lugar qué, la transmisión de conocimientos ancestrales ocurre en el entorno familiar y en segundo lugar se observan cambios graduales en el manejo de suelo y agua inducido por el impacto positivo de la aplicación de biofertilizantes, manejo de la cobertura vegetal, aumento en la retención del agua y una reducción significativa de la dependencia

de agroquímicos (Vincent-Fequiere et al., 2024), a continuación, se describen los resultados de las etapas propuestas:

Biofertilización de la semilla y siembra

La biofertilización de semillas favoreció una germinación uniforme y un crecimiento homogéneo de las plántulas, lo que sugiere un impacto positivo de las bacterias fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fosfato (Ver Figura 2). Estas bacterias facilitaron la transformación y disponibilidad de nutrientes para las plantas, favoreciendo su absorción a través de una interacción directa con las raíces, además, otro indicador del efecto benéfico de la biofertilización es la coloración de las plántulas, que presentaron un tono verde intenso, reflejo de una adecuada nutrición y salud vegetal.

Figura 2. Biofertilización: A) inoculación de bacterias, B) siembra y C) germinación de las semillas de maíz.



Fuente: elaboración propia.

Enriquecimiento del suelo con fertilizantes orgánicos y químicos

El trabajo de Chen (2006) demostró que el uso combinado de fertilizantes orgánicos y químicos, en comparación con la adición de fertilizantes orgánicos solos, es importante para el mantenimiento del contenido de materia orgánica y la productividad a largo plazo del suelo, el estudio informó que la aplicación de estiércol orgánico en combinación con fertilizantes químicos aumenta la absorción de N, P y K. De modo similar Susilawati y Purba, (2021) argumentan que la fertilización orgánica e inorgánica simultáneamente funcionan como un mejorador de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que a su vez tienen un impacto favorable al aumentar el crecimiento y el rendimiento del maíz.

La mezcla de abono orgánico como aporte de materia orgánica y microorganismos, junto con la urea como fuente de nitrógeno para equilibrar el aporte nutricional, tuvo un impacto positivo en el desarrollo del cultivo, durante el seguimiento en campo, se observó que las plantas mantuvieron un crecimiento vigoroso, con un color verde intenso y sin síntomas de marchitez, incluso bajo condiciones de alta radiación solar y en periodos prolongados sin precipitaciones, este comportamiento se puede asociar a una mayor resistencia al estrés hídrico debido a que la materia orgánica además de mejorar la estructura del suelo tiene la capacidad de retener humedad (Figura 3). Asimismo, las milpas mostraron resistencia a las ráfagas de viento, permaneciendo erguidas en la mayoría de los casos. En cuanto al rendimiento, se obtuvo una producción de mazorcas más homogéneas, predominantemente de tamaño medio a grande y en buen estado, lo que indica un efecto favorable en la productividad del cultivo.

Figura 3. *Enriquecimiento del suelo con fertilizantes orgánicos y químicos: A) y B) Mezclado de abono orgánico y urea, C) y D) Aplicación de la mezcla de fertilizante orgánico y químico.*



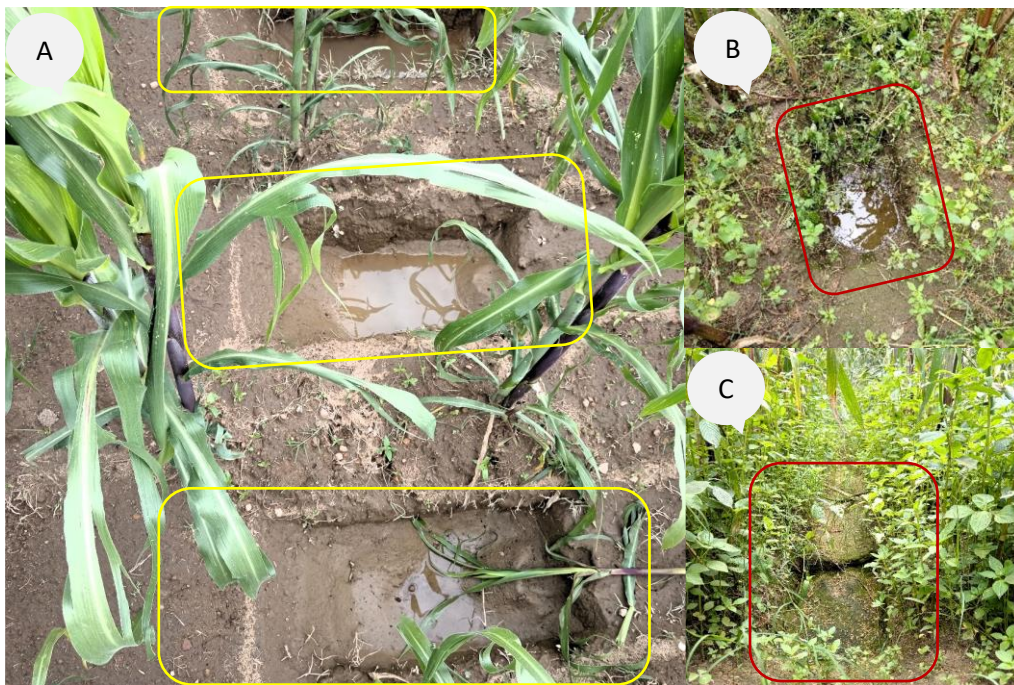
Fuente: elaboración propia.

Manejo del agua de lluvia mediante zanjas de infiltración

Durante el periodo de lluvias, las zanjas de infiltración desempeñaron una función muy satisfactoria en la captación del agua de lluvia y la escorrentía superficial, cabe destacar que, además de facilitar la infiltración en el suelo, funcionaron como reservorios temporales, permitiendo almacenar agua para los

periodos de mayor déficit hídrico, al mismo tiempo este mecanismo contribuyó a aumentar la disponibilidad de agua para las milpas, favoreciendo su desarrollo (Figura 4). También, se observó que las zanjas ayudaron en la gestión del agua actuando como barreras para la retención de suelo. En el transcurso del monitoreo, se evidenció una reducción en su capacidad de almacenamiento de agua como consecuencia de la acumulación de sedimentos, lo que indica su eficacia en la mitigación de la erosión y la conservación del suelo.

Figura 4. *Zanjas de infiltración para captación de agua de lluvia y retención de suelo. A) Captación de agua y retención de suelo B) Reservorio temporal de agua y C) Acumulación de sedimentos.*



Fuente: elaboración propia.

Control agroecológico de arvenses

El control manual de malezas permitió prescindir de herbicidas químicos de manera inmediata, beneficiando al agrosistema y a la salud humana, asimismo, esta práctica redujo los costos asociados con la compra y aplicación de plaguicidas. Durante la primera y segunda escarda, el control de malezas eliminó la competencia por nutrientes y humedad con las plántulas en desarrollo, favoreciendo un crecimiento uniforme de las plantas en términos de tamaño y coloración. Con la llegada del periodo de

lluvias, se permitió el crecimiento de las malezas hasta alcanzar una altura promedio de 40 cm, esta estrategia contribuyó a la conservación del suelo, incluso, favoreciendo la retención de humedad. Además, los arvenses funcionaron como refugio y fuente de alimento para diversos insectos, como chapulines, catarinas, mayates, tijerillas y algunas especies de orugas como los azotadores, promoviendo así la biodiversidad del agroecosistema (Figura 5). La presencia y equilibrio de estos organismos se pueden relacionar con la obtención de un mayor número de mazorcas sanas, sin daños significativos por estos animales.

Figura 5. Control de arvenses con herramienta manual. A) Chapeo de maleza con hoz y machete, B) y C) Insectos característicos del agrosistema y D) conservación de suelo y humedad dentro del cultivo.



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Los resultados de la implementación de prácticas agroecológicas en el cultivo de maíz de temporal evidencian la importancia del conocimiento tradicional transgeneracional y su complementariedad con

la innovación tecnológica en la agricultura sostenible. La combinación de conocimientos tradicionales y técnicas agroecológicas modernas han permitido mejorar la calidad del cultivo, reducir la pérdida de suelo, mitigar la erosión hídrica y promover la biodiversidad del agrosistema.

Con respecto a la biofertilización de semillas, esta tuvo un efecto favorable en la germinación uniforme y un desarrollo vigoroso de las plántulas, lo que sugiere un impacto positivo en la disponibilidad de nutrientes y en la sanidad de las plantas. La interacción entre microorganismos fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fosfatos con las raíces de las plantas permitió una nutrición eficiente y un crecimiento homogéneo.

Por lo que se refiere al enriquecimiento del suelo, la combinación de abonos orgánicos y fertilizantes químicos, proporcionaron a las milpas una mayor fortaleza y capacidad de resiliencia al estrés hídrico y a las variaciones climáticas. Además, mejoró el aporte nutricional resultando en el aumento del rendimiento del cultivo y calidad de las mazorcas.

El manejo del agua de lluvia a través de zanjas de infiltración fue una práctica eficaz para la captación y retención de agua de lluvia, contribuyendo a la mitigación de la erosión y aumentando la disponibilidad hídrica para el cultivo, asimismo, al mantenimiento de la humedad del suelo.

En cuanto al control manual de arvenses, esta práctica permitió prescindir de herbicidas, beneficiando al medio ambiente y reduciendo riesgos a la salud humana. Asimismo, la presencia controlada de arvenses favoreció la biodiversidad del agroecosistema al proporcionar hábitats y fuentes de alimento para los insectos característicos de este tipo de cultivo, lo que a su vez redujo los daños causados por plagas.

Estas observaciones confirman que la implementación de prácticas agroecológicas además de optimizar la producción agrícola, también contribuyen a la mejora de la fertilidad del suelo, la eficiencia en el uso del agua y la reducción de la dependencia de insumos externos, promoviendo una agricultura más resiliente y ambientalmente responsable.

AGRADECIMIENTOS

Esta nota está dedicada con cariño y gratitud a la memoria de mis abuelos Pascual Galindo, Adolfa Xinaxtle, Trinidad Reyes e Ignacia Pérez, quienes, con esfuerzo y dedicación, trabajaron la tierra cultivando maíz, legado que inspiró este documento.

Agradezco profundamente a mis padres, Gregorio Galindo y Elena Reyes, por su apoyo incondicional y enseñanzas, así como a mis hermanos, quienes han sido parte fundamental para continuar trabajando el campo.

Mención especial para mi esposa, Rosa María Osorio Ávila, y nuestros hijos, Matías Galindo Osorio e Ivanna Galindo Osorio, cuya paciencia, amor y compañía han sido mi mayor fortaleza a lo largo de este proceso.

REFERENCIAS

- Alcántara, K. (2023). Milpa ecologies: Transgenerational foodways in Tlaxcala, Mexico. *Elementa*, 11(1). <https://doi.org/10.1525/elementa.2022.00099>
- Báez Pérez, A., Limón Ortega, A., González Molina, L., Eduardo Ramírez Barrientos, C., & Bautista-Cruz, A. (2017). Efecto de las prácticas de agricultura de conservación en algunas propiedades químicas de los Vertisoles. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8, 759–772. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i4.5>
- Bezner Kerr, R., Postigo, J. C., Smith, P., Cowie, A., Singh, P. K., Rivera-Ferre, M., Tirado-von der Pahlen, M. C., Campbell, D., & Neufeldt, H. (2023). Agroecology as a transformative approach to tackle climatic, food, and ecosystemic crises. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 62, 101275. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2023.101275>
- Carlile, R., & Garnett, T. (2021). *What is agroecology?* TABLE Explainer Series. TABLE, University of Oxford, Swedish University of Agricultural Sciences and Wageningen University & Research. www.tabledebates.org/about

- Castillo-Nonato, J. (2016). Conservación de la diversidad del maíz en dos comunidades de San Felipe del Progreso, Estado de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 13(2), 217–235. <https://doi.org/10.22231/asyd.v13i2.327>
- Chen, J.-H. (2006). The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. *International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use, Bangkok*, 1–11.
- Cheng, Y., Narayanan, M., Shi, X., Chen, X., Li, Z., & Ma, Y. (2023). Phosphate-solubilizing bacteria: Their agroecological function and optimistic application for enhancing agro-productivity. *Science of the Total Environment*, 901, 166468. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166468>
- Coulibaly, T. P., Du, J., & Diakit , D. (2021). Sustainable agricultural practices adoption. *Agriculture (Pol'nohospodarstvo)*, 67(4), 166–176. <https://doi.org/10.2478/agri-2021-0015>
- Dagunga, G., Ayamga, M., Laube, W., Ansah, I. G. K., Kornher, L., & Kotu, B. H. (2023). Agroecology and resilience of smallholder food security: a systematic review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1267630>
- Davis, A. M., Tink, M., Rohde, K., & Brodie, J. E. (2016). Urea contributions to dissolved “organic” nitrogen losses from intensive, fertilised agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 223, 190–196. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.03.006>
- Ewert, F., Baatz, R., & Finger, R. (2023). Agroecology for a Sustainable Agriculture and Food System: From Local Solutions to Large-Scale Adoption. *Annual Review of Resource Economics Downloaded from Www.Annualreviews.Org. Guest*, 15, 351–381. <https://doi.org/doi.org/10.1146/annurev-resource-102422-090105>
- FAO. (2024). *Nota de orientación política. La gestión sostenible de los suelos. Oportunidades y recomendaciones para tomadores de decisiones. Santiago*. <https://doi.org/10.4060/cdo821es>
- Fernández, J. A., & López-Domínguez, C. (2006). *Biodiversidad del Parque Nacional Malinche Tlaxcala, México* (2005th ed.). <https://www.researchgate.net/publication/268152097>

- Gliessman, S. (2019). Advancing agroecology in Mexico. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 43(10), 1075–1076. <https://doi.org/10.1080/21683565.2019.1643063>
- Gong, X., Zou, L., Wang, L., Zhang, B., & Jiang, J. (2023). Biochar improves compost humification, maturity and mitigates nitrogen loss during the vermicomposting of cattle manure-maize straw. *Journal of Environmental Management*, 325, 116432. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116432>
- Harris, D. R., & Fuller, D. Q. (2014). Agriculture: Definition and Overview. In C. Smith (Ed.), *Encyclopedia of Global Archaeology* (pp. 104–113). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0465-2_64
- Hernández-Vázquez, B., Schwentesius-Rinderman, R., & Rivas-García, T. (2022). Agroecological production experiences in four agricultural regions of Mexico. *Agro Productividad*, 15(5), 117–124. <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i5.2195>
- Howe, J. A., McDonald, M. D., Burke, J., Robertson, I., Coker, H., Gentry, T. J., & Lewis, K. L. (2024). Influence of fertilizer and manure inputs on soil health: A review. *Soil Security*, 16, 100155. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2024.100155>
- INEGI. (2010). *Compendio de información geográfica municipal 2010 San Pablo del Monte Tlaxcala*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/29/29025.pdf
- INEGI. (2017). *Anuario estadístico y geográfico de Tlaxcala 2017 Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. https://observatorioturisticodetlaxcala.com.mx/materiales/anuario_estadistico_y_geografico_tlaxcala_2017.pdf
- Karavidas, I., Ntatsi, G., Ntanasi, T., Vlachos, I., Tampakaki, A., Iannetta, P. P. M., & Savvas, D. (2020). Comparative assessment of different crop rotation schemes for organic common bean production. *Agronomy*, 10(9), 1269. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091269>
- Kato, T. Á., Mapes, C., Mera, L. M., Serratos, J. A., & Bye, R. A. (2009). *Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica* (Primera ed., 2009). Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión

Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
<https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/6385.pdf>

Mamabolo, E., Gaigher, R., & Pryke, J. S. (2024). Conventional agricultural management negatively affects soil fauna abundance, soil physicochemical quality and multifunctionality. *Pedobiologia - Journal of Soil Ecology*, 104, 150961. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2024.150961>

Maria-Ramirez, A., & Guevara Romero, M. L. (2017). Razas de maíz (*Zea mays* L.) en el estado de Tlaxcala. Breve historia del cereal más importante de México. In *El Sistema milpa y la producción de maíz En la agricultura campesina E indígena de Tlaxcala* (pp. 125–144). <https://www.researchgate.net/publication/342815831>

Martínez-Molina, L., & Solis-Espallargas, C. (2020). La transmisión de Conocimientos tradicionales con enfoque de género para su inclusión en la Educación ambiental. *Revista de Humanidades*, 40, 133–158. <https://doi.org/10.5944/rdh.40.2020.23067>

Mascorro-De Loera, R. D., Sosa-Ramírez, J., de Jesús Luna-Ruíz, J., Perales-Segovia, C., & Cabrera-Manuel, F. (2023). Weed richness, diversity and similitude in rainfed maize fields at three communities of the state of Aguascalientes, Mexico. *Botanical Sciences*, 102(1), 234–255. <https://doi.org/10.17129/botsci.3362>

Moeller, N. I., Geck, M., Anderson, C., Barahona, C., Broudic, C., Cluset, R., Henriques, G., Leippert, F., Mills, D., Minhaj, A., Mueting-Van Loon, A., de Raveschoot, S. P., & Frison, E. (2023). Measuring agroecology: Introducing a methodological framework and a community of practice approach. *Elementa*, 11(1), 00042. <https://doi.org/10.1525/elementa.2023.00042>

Mouratiadou, I., Wezel, A., Kamilia, K., Marchetti, A., Paracchini, M. L., & Bàrberi, P. (2024). The socio-economic performance of agroecology. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 44(2), 19. <https://doi.org/10.1007/s13593-024-00945-9>

Nagaraju, V., Jange, C., Wassgren, C., & Ambrose, K. (2024). Understanding urea polymorphism and cocrystallization to develop enhanced fertilizers: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 12(6), 114308. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2024.114308>

- Ortiz García, S., Saynes Santillán, V., Bunge Vivier, V., Anglés-Hernández, M., Pérez, M. E., & Prado, B. (2022). Soil governance and sustainable agriculture in Mexico. *Soil Security*, 7, 100059. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2022.100059>
- Pérez, S. J. M., Moctezuma, P. S., Sales, C. J., Reyes, M. L., & Juan, P. J. I. (2017). Manejo del suelo en la agricultura tradicional de laderas en Tlaxcala y el Valle de Toluca, México. In M. F. Carreño, S. C. Rodríguez, & J. A. Castellanos (Eds.), *Experiencias integradoras México* (pp. 79–99). Universidad Autónoma Chapingo. <https://nzt.net/ark:/13683/pDxo/dzh>
- Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Tlaxcala. (1996, August 22). *Programa Director Urbano del Centro de Población Villa Vicente Guerrero (San Pablo del Monte), Tlaxcala*. https://sotyv.tlaxcala.gob.mx/images/stories/pdf/DU/025_SP_Monte/P.O.22-08-1996_San_Pablo_del_Monte.pdf
- Sekhar, M., Rastogi, M., Rajesh C M, Saikanth, D. R. K., Rout, S., Kumar, S., & Patel, A. K. (2024). Exploring Traditional Agricultural Techniques Integrated with Modern Farming for a Sustainable Future: A Review. *Journal of Scientific Research and Reports*, 30(3), 185–198. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i31871>
- Sullivan, S. (2023). Ag-tech, agroecology, and the politics of alternative farming futures: The challenges of bringing together diverse agricultural epistemologies. *Agriculture and Human Values*, 40(3), 913–928. <https://doi.org/10.1007/s10460-023-10454-2>
- Sumberg, J., & Giller, K. E. (2022). What is 'conventional' agriculture? *Global Food Security*, 32, 100617. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100617>
- Susilawati, P. N., & Purba, R. (2021). Combination of Organic Fertilizer, Anorganic Fertilizer and Bio-Fertilizer in Maize Cultivation in Dry Land, Banten. *E3S Web of Conferences*, 316, 03012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202131603012>
- Toledo, V. M., & Argueta, Q. (2024). The evolution of agroecology in Mexico, 1920-2023. *Elementa*, 12(1). <https://doi.org/10.1525/elementa.2023.00092>

- Vats, S., Srivastava, P., Saxena, S., Mudgil, B., & Kumar, N. (2021). Beneficial Effects of Nitrogen-Fixing Bacteria for Agriculture of the Future. In C. Cruz, K. Vishwakarma, D. K. Choudhary, & A. Varma (Eds.), *Soil Nitrogen Ecology. Soil Biology* (Vol. 62, pp. 305–325). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-71206-8_15
- Vega Álvarez, I., Flores Sánchez, D., Escalona, M. J., Fernando, M., González, C., & Aurelia Jiménez Velázquez, M. (2022a). Tlaxcala, investigación en maíz nativo y mejorado: problemática, campos del conocimiento y nuevos retos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13, 539–551. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i3.2888>
- Vega Álvarez, I., Flores Sánchez, D., Escalona Maurice, M. J., Castillo González, F., & Jiménez Velázquez, M. A. (2022b). Tlaxcala, investigación en maíz nativo y mejorado: problemática, campos del conocimiento y nuevos retos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(3), 539–551. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i3.2888>
- Vincent-Fequiere, U., Flores Sánchez, D., Navarro Garza, H., & González Santiago, M. V. (2024). Transición agroecológica del Grupo Vicente Guerrero y su incidencia en tres comunidades vinculadas, Tlaxcala, México. *Revista de Geografía Agrícola*, 73(01), 1–20. <https://doi.org/10.5154/r.rga.2023.73.01>
- Walthall, B., Vicente-Vicente, J. L., Friedrich, J., Piorr, A., & López-García, D. (2024). Complementing or co-opting? Applying an integrative framework to assess the transformative capacity of approaches that make use of the term agroecology. *Environmental Science and Policy*, 156, 103748. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103748>
- Wezel, A., Herren, B. G., Kerr, R. B., Barrios, E., Gonçalves, A. L. R., & Sinclair, F. (2020). Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(6), 40. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00646-z>
- Zeng, S., Li, J., & Wanger, T. C. (2023). Agroecology, technology, and stakeholder awareness: Implementing the UN Food Systems Summit call for action. *IScience*, 26(9), 107510. <https://doi.org/10.1016/j.isci>