

Soluciones basadas en la naturaleza para la adaptación al cambio climático, manual para agricultores



**Patricia Ruíz García
Alejandro Ismael Monterroso Rivas
Ana Cecilia Conde Álvarez**



COLECCIÓN GUÍAS PRÁCTICAS PARA PRODUCTORES

TOMO 1

**Soluciones
basadas
en la naturaleza
para la adaptación
al cambio climático,
manual para agricultores**



Soluciones basadas en la naturaleza para la adaptación al cambio climático, manual para agricultores

Patricia Ruíz García
Alejandro Ismael Monterroso Rivas
Ana Cecilia Conde Álvarez

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

COLECCIÓN GUÍAS PRÁCTICAS PARA PRODUCTORES

TOMO 1

La presente publicación fue dictaminada por pares académicos en el tema, basada en la metodología de doble ciego.

*Soluciones basadas en la naturaleza para la adaptación al cambio climático,
manual para agricultores*

Primera edición, marzo de 2026
ISBN: 978-607-12-0704-3 (Obra general)
ISBN: 978-607-12-0705-0 (Tomo 1)
D.R. © Universidad Autónoma Chapingo
Carretera México-Texcoco, km 38.5
Texcoco, Edo. de México, C.P. 56230
Tel.: 595 95 21500 ext. 5142
publicaciones@chapingo.mx

Publicación disponible en libre acceso.

La utilización, redistribución, traducción y creación de obras derivadas de la presente publicación están autorizadas, a condición de que se cite la fuente original (© Universidad Autónoma Chapingo, UACH) y que las obras que resulten sean publicadas bajo las mismas condiciones de libre acceso.

Para utilizar cualquier otro material que aparezca en ella (tal como textos, imágenes, ilustraciones o gráficos y que no pertenezca al dominio público), será necesario pedir autorización a la Universidad Autónoma Chapingo: Carretera México-Texcoco, km. 38.5, Texcoco, Edo. de México. C.P. 56230.
<https://dgips.chapingo.mx/>

Universidad Autónoma Chapingo

Dr. Angel Garduño García
Rector

Dr. Josué Vicente Cervantes Bazán
Secretario General

M.C. Noé López Martínez
Director General Académico

Ing. Jorge Torres Bribiesca
Director General de Administración

Dra. Consuelo Silvia Olivia Lobato Calleros
Directora General de Investigación, Posgrado y Servicio

Dr. Samuel Pérez Nieto
Director General de Patrimonio y Finanzas

Lic. Aarón de la Rosa Zubrán
Abogado General

Ph. D. Eusebio D. Torres Quintana
Contralor General

Mtra. Tania Jessica Pérez Buendía
Directora General de Difusión Cultural

M.C. Daniel Rodríguez Martínez
Subdirector de Comunicación Universitaria

Dr. Mario Salvador González Rodríguez
Jefe del Departamento de Publicaciones



Dirección General de Investigación, Posgrado y Servicio

Dra. Consuelo Silvia Olivia Lobato Calleros
Directora General de Investigación, Posgrado y Servicio

Dr. Artemio Pérez López
Subdirector General de Investigación

Ing. Tomás Mejía Elizalde
Subdirector del Campo Agrícola Experimental

M.C. Alejandro Reyes Guerrero
Subdirector de Servicio y Extensión

Dr. Jorge Víctor Prado Hernández
Coordinador General de Estudios de Posgrado

Lic. Ivonne López García
Jefa del Departamento Administrativo

M.C. Daniela Soto Felix
Jefa del Departamento de Apoyo a la Investigación

M.C. Paola Izquierdo Herrera
Jefa del Departamento de Enlace y Gestión



Coordinación Editorial: Dr. Lucio Noriero Escalante
Diseño y formación: Lic. Sairi Mayari de la Rosa Cruz
Fotografía de portada: Freepik

Esta obra fue editada y financiada por la
Universidad Autónoma Chapingo a través de la
Dirección General de Investigación, Posgrado y Servicio,
seleccionada dentro de la Convocatoria
Guías Prácticas para Productores 2025.

Índice

Resumen	9
Propósito del manual	9
Problemas que afectan al campo mexicano	10
Un poco más sobre la degradación de suelos en el sector agrícola	11
¿Qué puede suceder en el futuro por el cambio climático en el sector agrícola?	12
Soluciones prácticas basadas en la naturaleza	12
La Universidad Autónoma Chapingo y su compromiso para generar soluciones naturales ante un clima cambiante	13
Manual para el Diseño y Aplicación de SbN	14
Catálogo de fichas informativas respecto a Soluciones basadas en la Naturaleza con posibilidades de incluirse en actividades agrícolas	20
Caso de éxito: Ejemplo en cultivo de café tradicional bajo sombra	33
Errores comunes al aplicar SbN en la parcela	33
Lo esencial para aplicar SbN en la parcela	34
Mensaje final para el productor	35
Referencias	36

Soluciones basadas en la naturaleza para la adaptación al cambio climático: manual para agricultores

RESUMEN

El presente manual tiene como objetivo brindar herramientas a productores agrícolas, ganaderos y forestales para impulsar la adaptación al cambio climático y mejorar la salud de la tierra. Las estrategias que se proponen se llaman Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), que son prácticas de manejo de tierras que ayudan a cuidar y aprovechar de forma responsable los recursos naturales como el suelo, el agua y los ecosistemas. Las SbN ayudan a enfrentar problemas como el cambio climático y la degradación de tierras. En el texto se describen brevemente los principales problemas que afectan al campo mexicano y cómo se pueden detectar a escala local. Se profundiza en el concepto de SbN y en los beneficios que generan si se implementan en el sector agropecuario. Para un mejor seguimiento se propone una tipología de SbN que consta de seis grandes grupos: 1) Manejo sostenible del suelo; 2) Gestión del agua; 3) Biodiversidad y agrobiodiversidad; 4) Conservación y restauración de ecosistemas; 5) Adaptación y mitigación al cambio climático y 6) Bienestar y salud humana. Se presenta un catálogo de 12 soluciones basadas en la naturaleza en forma de ficha técnica para facilitar su evaluación e implementación, en este caso con énfasis en el sector agrícola. También, se da a conocer un caso de éxito de llevar a cabo SbN en un agroecosistema de café, así como algunos errores que se comenten al implementar SbN y recomendaciones para evitarlos. Se concluye que el uso de SbN en el sector agropecuario es fundamental para enfrentar al cambio climático y combatir la degradación y desertificación de tierras.

Palabras clave: cambio climático, degradación de tierras, sector agropecuario

PROPÓSITO DEL MANUAL

Este manual está dirigido a personas productoras que se dedican a actividades agrícolas, ganaderas y forestales. Tiene el propósito de ayudarles a enfrentar los problemas que hoy afectan al campo mexicano, como el cambio climático y la degradación ambiental y del suelo. La idea principal del manual es mostrar que muchas soluciones ya existen en la naturaleza y que, si se usan bien, pueden mejorar la producción, reducir riesgos y cuidar los

recursos naturales. Estas acciones se llaman Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), que aprovechan los procesos naturales del suelo, el agua, las plantas y los ecosistemas para producir mejor y de forma más sostenible. Al aplicar estas soluciones, las parcelas pueden ser más productivas, más resistentes a sequías o lluvias fuertes, y por tanto, rentables para las familias.

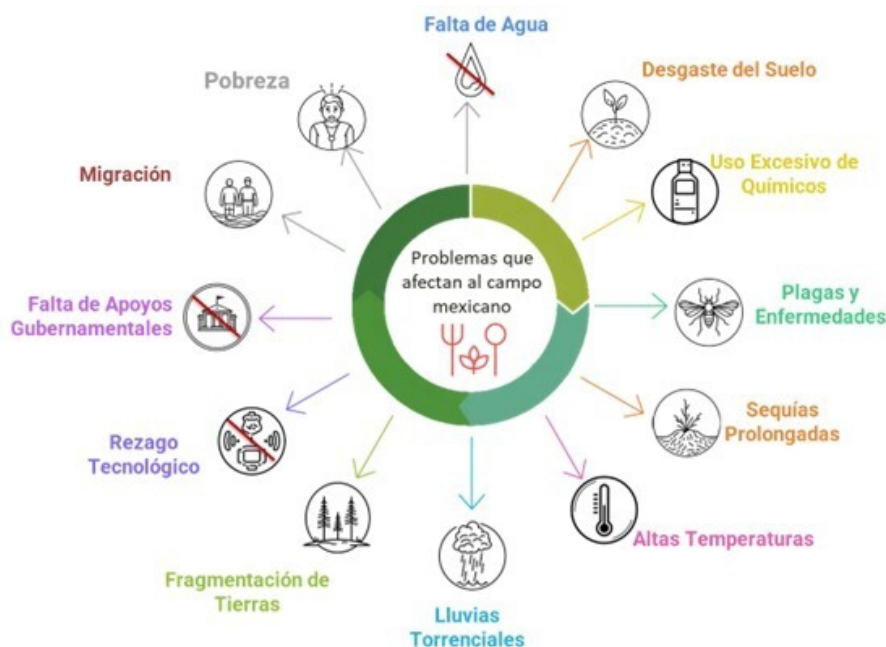
El manual explica primero los problemas que afectan al campo mexicano y cómo identificarlos en las parcelas. Después describe qué son las SbN y cuáles son sus beneficios. También presenta una clasificación de estas soluciones en seis grupos: manejo del suelo, gestión del agua, biodiversidad, conservación y restauración de ecosistemas, adaptación y mitigación al cambio climático, así como bienestar y salud humana. Finalmente, se explica una metodología sencilla para diseñar y aplicar estas soluciones en el campo, con ejemplos prácticos y un caso de éxito en café, así como algunos errores que se comenten al implementar SbN y recomendaciones para evitarlos. Se concluye con un mensaje final para motivar a los productores a implementarlas.

PROBLEMAS QUE AFECTAN AL CAMPO MEXICANO

México tiene una gran variedad de climas y suelos, lo que permite producir variedad de cultivos y realizar diversas actividades ganaderas y forestales. El campo es muy importante para la economía y para la alimentación de las familias. Sin embargo, también enfrenta muchos problemas que ponen en riesgo la producción y el futuro de las comunidades rurales.

Entre los problemas más importantes están el abandono de tierras, la pobreza, la falta de agua, el desgaste del suelo, los cambios en el clima, así como otros problemas que se pueden ver en la Figura 1. Todo esto hace más difícil producir alimentos, venderlos a buen precio y mantener una vida digna en el campo (Gordillo, 2020).

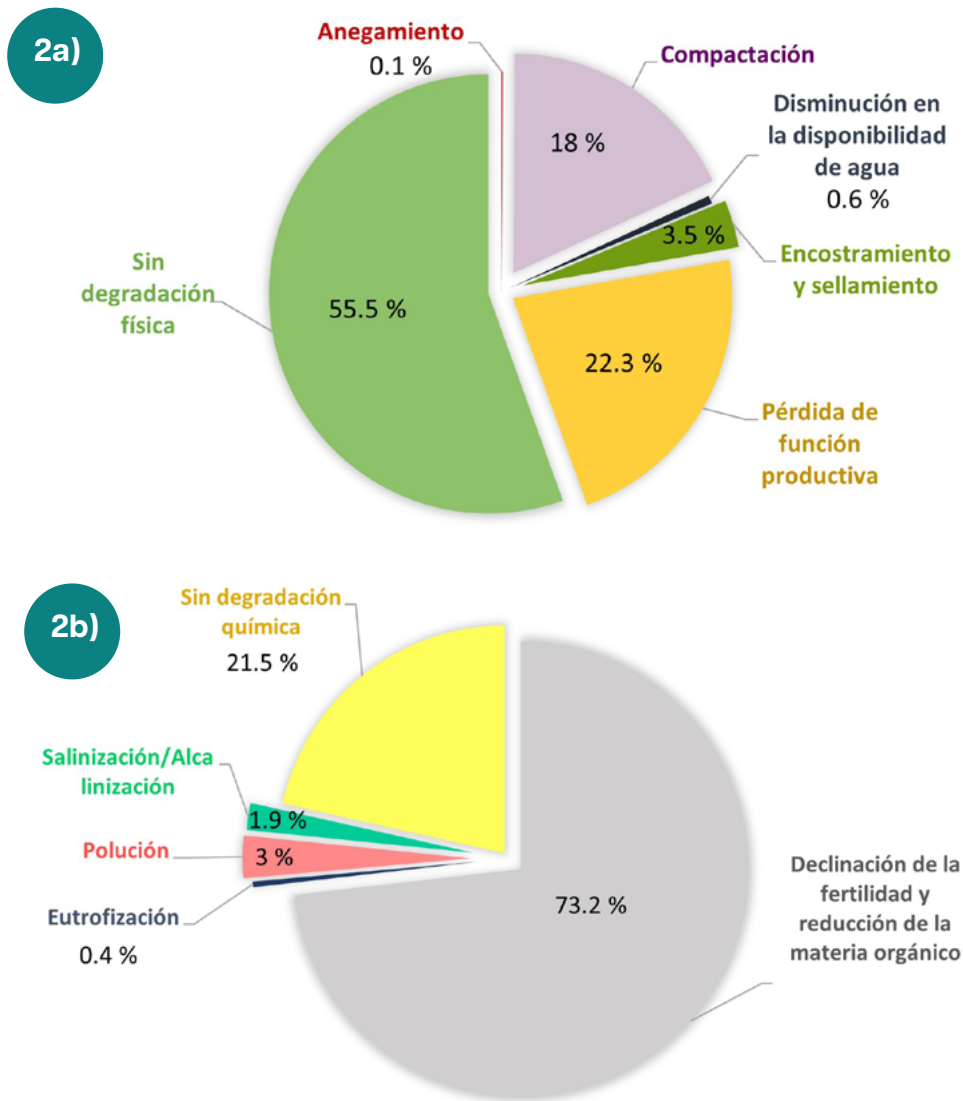
▼ **Figura 1.** Resumen de problemas que afectan a la mayor parte del campo mexicano.



Un poco más sobre la degradación de suelos en el sector agrícola

Uno de los problemas más graves es la degradación del suelo, es decir, cuando el suelo pierde su fertilidad y ya no produce como antes. En México, se estima que alrededor del 72% del territorio presenta algún grado de degradación (CONAZA-UACH, 2024). Una de las causas de la degradación es la erosión por lluvia y por viento. La erosión por lluvia arrastra al suelo cuando llueve fuerte, y actualmente afecta cerca del 24% de los suelos agrícolas de México. La erosión por viento, que levanta el suelo seco, afecta más del 50% de las tierras agrícolas. Con el cambio climático, estos problemas pueden aumentar (INECC-UACH, 2016).

También existe degradación física (Fig. 2a), cuando el suelo se compacta o pierde estructura y ya no retiene bien el agua, y degradación química (Fig. 2b), cuando se pierden nutrientes en el suelo o se vuelve ácido o salino. En muchos casos, la materia orgánica del suelo ha disminuido, lo que reduce la fertilidad y la capacidad de producción (CONAFOR-UACH, 2013).



▼ **Figura 2.** Tipos más frecuentes de degradación física (2a) y química (2b) en los suelos agrícolas de México.

¿Qué puede suceder en el futuro por el cambio climático en el sector agrícola?

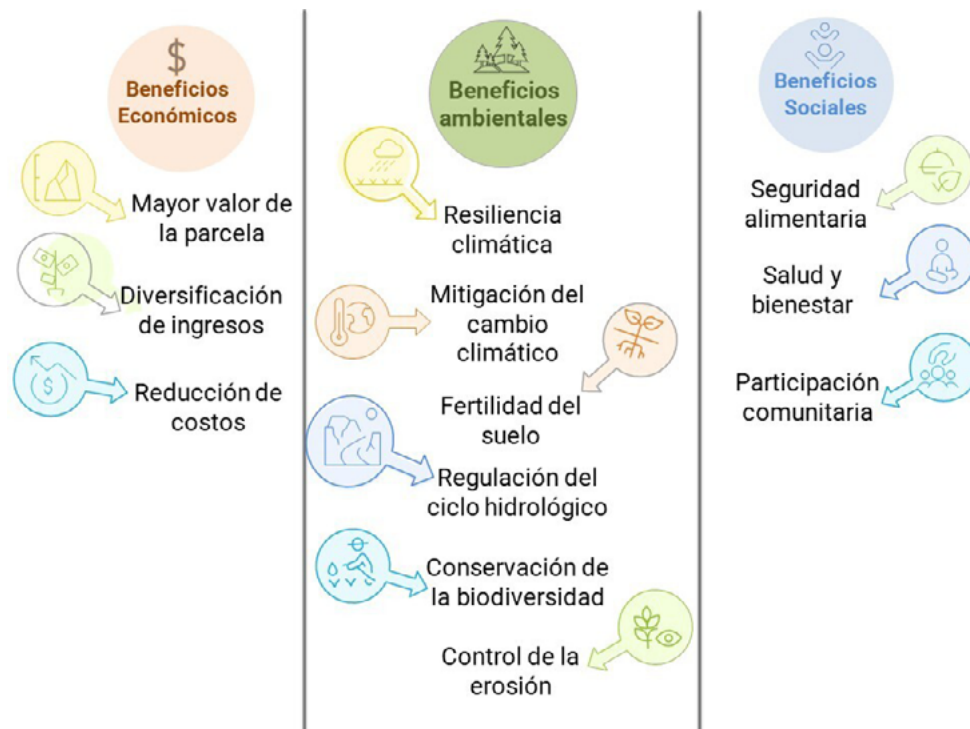
El cambio climático está aumentando los problemas en el campo. Se presentan más sequías, inundaciones y temperaturas extremas, lo que afecta los cultivos y favorece la aparición de plagas y enfermedades (Sims et al., 2021). En los años 2023 y 2024, más de un millón de hectáreas fueron dañadas por sequía en México (SIAP, 2023; SIAP, 2024).

En el futuro, se espera que los rendimientos de cultivos importantes como maíz, trigo, frijol, arroz y soya disminuyan (Estrada et al., 2022), sobre todo por falta de agua y cambios en la duración de las lluvias (Arce-Romero et al., 2020; Murray-Tortarolo et al., 2018). En algunos escenarios de cambio climático, el rendimiento del maíz de temporal podría bajar más del 40% o incluso hasta 80% (Gómez-Díaz et al., 2020; Arce-Romero et al., 2020). Mientras que el rendimiento del trigo de temporal caería en 15% y el frijol podría tener disminuciones de 10% hasta 40% (Arce-Romero et al., 2020). Esto representa un gran riesgo para la seguridad alimentaria y los ingresos de las familias productoras.

SOLUCIONES PRÁCTICAS BASADAS EN LA NATURALEZA

Las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) son prácticas que imitan a la naturaleza para resolver problemas del campo. Por ejemplo, usar plantas para proteger al suelo, conservar el agua, aumentar la biodiversidad o capturar carbono. Estas soluciones ayudan a cuidar los recursos naturales y al mismo tiempo a mejorar la producción (UNEP, 2022). Las SbN pueden generar beneficios ambientales, económicos y sociales (ver Figura 3). Por ejemplo, un suelo sano produce más, retiene mejor el agua, reduce la erosión y ayuda a enfrentar sequías o lluvias intensas. Además, un ambiente sano mejora la calidad de vida de las comunidades.

▼ **Figura 3.** Múltiples beneficios ambientales, sociales y económicos que generan las SbN en el sector agropecuario.



El manual propone seis grandes grupos de SbN que se ilustran en la Figura 4:

- 1. Manejo sostenible del suelo:** prácticas como barreras vivas, cultivos de cobertura e incorporación de materia orgánica para mejorar la fertilidad y estructura del suelo (Giuliani et al., 2024).
- 2. Gestión del agua:** acciones para infiltrar, almacenar y cuidar el agua, como zanjas de infiltración o restauración de humedales (Netti et al., 2024).
- 3. Biodiversidad y agrobiodiversidad:** diversificar cultivos y conservar especies para mejorar polinización y control de plagas (Lo et al., 2023).
- 4. Conservación y restauración de ecosistemas:** proteger y recuperar áreas naturales y suelos degradados (Johnson et al., 2022).
- 5. Adaptación y mitigación al cambio climático:** capturar carbono en suelos y vegetación, y hacer los sistemas más resistentes al clima (Seddon, et al., 2022).
- 6. Bienestar y salud humana:** mejorar la calidad del ambiente, el agua y los alimentos, lo que beneficia la salud y la vida comunitaria (lungman et al., 2025).



▼ **Figura 4.** Tipos de Soluciones basadas en la Naturaleza y algunos ejemplos de prácticas para el sector agrícola de México.

La Universidad Autónoma Chapingo y su compromiso para generar soluciones naturales ante un clima cambiante

La Universidad Autónoma, Chapingo es clave para ayudar a los productores a implementar y diseñar SbN, ya que tiene un compromiso histórico con el campo mexicano. Su trabajo es investigar, formar profesionales y proponer soluciones para los problemas del sector agropecuario. La Universidad estudia el cambio climático y la degradación de suelos, y promueve prácticas multidisciplinarias, en su mayoría basadas en la naturaleza, para enfrentar los problemas que aquejan al sector agropecuario, incluyendo la seguridad alimentaria y la vulnerabilidad climática. También analiza la vulnerabilidad de las regiones productivas y propone estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático a nivel local, regional y nacional.

MANUAL PARA EL DISEÑO Y APLICACIÓN DE SbN

Para el diseño y aplicación de las **SbN** en el sector agropecuario se proponen cuatro pasos a seguir que consisten en: 1) Diagnóstico y planificación, 2) Análisis, priorización y planeación, 3) Consideración de criterios de selección y 4) Selección de **SbN** aplicables al sector agropecuario. A continuación, se describe cada paso.

Primer paso: diagnóstico y planificación

Para mejorar la parcela con SbN, primero hay que conocer cómo está el suelo, el agua, los cultivos y la situación de la familia. Con esta información se pueden decidir las acciones más importantes, según el beneficio que darán y los recursos que se tengan. Los pasos clave para conocer el estado actual de la parcela son:

Observar la parcela

Se debe recorrer la parcela y alrededores, observar cómo están los cultivos, los árboles, el suelo, el agua y los animales. Hay que tomar nota de cualquier señal de daño: plantas débiles, agua escasa, erosión del suelo o animales enfermos.

Consejo: llevar un cuaderno o tomar fotografías para registrar lo que se ve.

Identificar problemas socioambientales

En el recorrido se recomienda considerar el cuadro 1, como ayuda para identificar problemas:

Cuadro 1. Guía de apoyo para identificar problemas en la parcela

Clave	Dimensión	Pregunta	Respuesta (Si /No)
S1	Salud del suelo	¿Está duro, erosionado o con poca materia orgánica?	
S2		¿Hay presencia de sal, costras blancas?	
S3		¿Es adecuado para los cultivos que se siembran?	
S4		¿Otro tipo de problema en el suelo?	
S5	Calidad de agua	¿Hay suficiente agua limpia para riego o consumo de animales?	
S6		¿Hay cambios en la coloración o el olor del agua?	
S7		¿Hay suficiente agua limpia para riego o consumo de animales?	
S8		¿Hay cambios en la coloración o el olor del agua?	
S9		¿Se detectan contaminantes provenientes de agroquímicos o residuos ganaderos en fuentes de agua cercana?	
S10		¿Otro tipo de problema en el agua?	
S11	Calidad de hábitat circundante a la parcela agrícola	¿Existe diversidad de animales y cobertura de vegetación natural?	
S12		¿Las prácticas agrícolas locales (uso de agroquímicos, labranza, riego) afectan la calidad del suelo, agua y vegetación de los alrededores?	
S13		¿Se observa una disminución en la cantidad de insectos polinizadores, aves, mamíferos, etc a través del tiempo?	

S14	Plagas y enfermedades	¿Hay insectos, hongos, plagas o enfermedades que afectan a las plantas o animales?
S15		¿Qué síntomas anormales se observan en los cultivos, árboles o animales (manchas, deformaciones, defoliación, presencia de insectos o galerías)?
S16		¿En qué condiciones ambientales y de manejo (humedad, temperatura, densidad de siembra, fertilización, podas) aparece o se intensifica el problema?
S17	Amenazas climáticas	¿La parcela ha sido afectada por sequías, inundaciones, heladas, granizadas, etc. en los últimos años?
S18		¿Cómo han afectado estos eventos al rendimiento, salud del suelo, disponibilidad de agua, supervivencia del ganado y vegetación?
S19		¿Qué prácticas de manejo o infraestructura existen para prevenir, mitigar o adaptarse a estos impactos (barreras vivas, diversificación, almacenamiento de agua)?
S20	Relaciones comunitarias y de trabajo	¿Se tiene suficiente personal en la parcela y trabajan en buenas condiciones?
S21		¿Hay conflictos por el uso de la tierra o el agua con vecinos o comunidades locales?
S22	Infraestructura y acceso	¿La comunidad tiene acceso adecuado a servicios básicos como salud y educación?
S23		¿La infraestructura de transporte es eficiente para llevar los productos al mercado?
S24	Seguridad alimentaria	¿Los productos y recursos económicos que se dan en la parcela son suficientes para satisfacer la canasta básica de alimentos?
S25		¿Hay acceso, estabilidad y disponibilidad de alimentos en la comunidad?
S26	Capacidad y apoyo	¿Existe asesoría técnica o formación para mejorar la parcela?
S27		¿Qué tan disponibles y accesibles son los servicios de extensión, financiamiento, insumos, tecnología, información climática y asistencia técnica para los productores?
S28	Rentabilidad y costos de producción	¿Los cultivos o actividades tienen una buena rentabilidad?
S29		¿Los costos de insumos, semillas, fertilizantes y mano de obra son altos comparados con lo que se produce?
S30		¿Se están aplicando tecnologías que puedan reducir estos costos y el impacto ambiental?
S31	Dependencia del mercado	¿La producción depende de un solo producto o mercado?
S32		¿Hay diversificación de cultivos o actividades que reduzcan el riesgo económico?
S33		¿Los productos se venden a buen precio y hay acceso a compradores?

Fuente: elaboración propia.

El cuadro anterior agrupa las preguntas sobre el suelo, el agua, los problemas del clima y plagas, la comunidad y los costos de producción. A cada grupo se le llama dimensión, y en total son 11. Una vez que se hayan respondido todas las preguntas, es importante revisarlas con calma y asegurarse de que las respuestas sean correctas y reflejen la situación real de la parcela.

Segundo paso: analizar, priorizar y planear

Después de conocer el estado actual de la parcela e identificar los principales problemas que la afectan en cada una de las 11 dimensiones o temas que se propusieron en el Cuadro 1, el segundo paso es priorizar esos problemas identificados. Priorizar los problemas de la parcela es importante para decidir qué atender primero y qué soluciones aplicar, especialmente cuando se quieren usar SbN. Esto ayuda a identificar qué problemas son más graves para el ambiente, la producción y la economía de la familia, y cuáles se pueden resolver con los recursos que se tienen en la comunidad. Para hacerlo, se recomienda tomar en cuenta los criterios del Cuadro 2 y calificar cada problema con una escala del 1 al 5, donde 1 es poco grave y 5 es muy grave. Esta evaluación se puede hacer en grupo con otros productores, técnicos o autoridades, o de manera individual, según se necesite.

Cuadro 2. Criterios de priorización de problemas en la parcela agrícola, ganadera o forestal.

Dimensión	Criterio de priorización	Pregunta guía	Escala sugerida (1–5)
Salud del suelo	Nivel de degradación del suelo	¿El problema provoca erosión, pérdida de fertilidad, compactación o salinización?	1 = leve / 5 = grave
	Capacidad de regeneración natural	¿El suelo puede recuperarse sin intervención o requiere medidas urgentes?	1 = alta / 5 = muy baja
Calidad de agua	Disponibilidad y acceso	¿El problema afecta la cantidad o continuidad del suministro de agua?	1 = sin afectación / 5 = muy afectado
	Contaminación y uso eficiente	¿Existen contaminantes agrícolas (químicos, sedimentos) o mal uso del recurso?	1 = baja / 5 = alta
Calidad de hábitat circundante a la parcela agrícola	Pérdida de biodiversidad local	¿Se están reduciendo especies nativas o hábitats naturales?	1 = baja / 5 = severa
	Conectividad ecológica	¿El problema interrumpe corredores biológicos o ecosistemas vecinos?	1 = no afecta / 5 = muy afectado
Plagas y enfermedades	Frecuencia y extensión	¿Qué tan frecuentes y amplias son las afectaciones por plagas o enfermedades?	1 = ocasional / 5 = recurrente
	Resistencia y control	¿Son plagas difíciles de controlar o resistentes a métodos naturales?	1 = fácil / 5 = difícil

Amenazas climáticas	Sensibilidad al clima	¿El problema se agrava con sequías, lluvias extremas o altas temperaturas?	1 = poco sensible / 5 = muy sensible
	Riesgo futuro	¿Existe riesgo de intensificación por cambio climático?	1 = bajo / 5 = alto
Relaciones comunitarias y de trabajo	Riesgos a la salud o seguridad	¿El problema representa un riesgo directo para las personas?	1 = sin riesgo / 5 = alto riesgo
	Cohesión y participación comunitaria	¿La comunidad tiene disposición para actuar colectivamente?	1 = alta / 5 = muy baja
Infraestructura y acceso	Condiciones de acceso y transporte	¿El problema limita la movilidad o acceso a recursos e insumos?	1 = buen acceso / 5 = muy limitado
	Infraestructura agropecuaria	¿La falta o deterioro de infraestructura agrava el problema?	1 = adecuada / 5 = deficiente
Seguridad alimentaria	Disponibilidad de alimentos locales	¿El problema reduce la producción o disponibilidad de alimentos en la comunidad?	1 = estable / 5 = crítica
	Diversificación alimentaria	¿Se depende de pocos cultivos o fuentes de alimento?	1 = diversificada / 5 = muy limitada
Capacidad y apoyo	Conocimientos y habilidades locales	¿Existen saberes o capacitación para enfrentar el problema con SbN?	1 = alta / 5 = baja
	Acceso a asistencia técnica o financiamiento	¿Hay programas o apoyos disponibles para actuar?	1 = amplio / 5 = inexistente
Productividad y rentabilidad	Pérdida de rendimiento	¿Qué tanto afecta la producción total o la calidad del producto?	1 = leve / 5 = grave
	Rentabilidad económica	¿El problema aumenta costos o reduce ingresos significativamente?	1 = baja / 5 = alta
Dependencia del mercado	Vulnerabilidad por precios externos	¿La comunidad depende de un solo producto o mercado inestable?	1 = baja / 5 = alta
	Autonomía productiva	¿Se pueden producir insumos o alimentos localmente para reducir dependencia?	1 = alta / 5 = baja

Fuente: elaboración propia.

Una vez asignados los valores, se suman los puntajes obtenidos por cada criterio, lo que permite obtener un índice de prioridad para cada problema. Los problemas con los valores más altos serán considerados como prioritarios para diseñar o aplicar **SbN**. Con base en los puntajes obtenidos, se elabora un listado de los problemas más críticos.

Por ejemplo: si en una parcela agrícola se obtuvo un puntaje promedio de **10** en salud del suelo, en calidad del agua el puntaje fue de **7**, en plagas y enfermedades **5**, y en amenazas climáticas **8**. Las dimensiones que deberían ser atendidas con mayor urgencia son salud del suelo y amenazas climáticas (calificaciones más altas). Sin embargo, se deben analizar las interrelaciones entre problemas, por ejemplo: ¿cómo la degradación del suelo agrava la escasez de agua o la baja productividad? La priorización no solo debe basarse en los números, sino también en el contexto local, la viabilidad técnica y el interés comunitario.

Finalmente, los problemas priorizados se vinculan con las **SbN** más adecuadas, como las que se muestran en la Figura 4. Por ejemplo:

Problema: erosión del suelo. **SbN que pueden aplicarse:** barreras vivas, terrazas naturales, cobertura vegetal permanente.

Problema: escasez de agua. **SbN que pueden aplicarse:** captación de lluvia, restauración de humedales, reforestación de zonas de recarga.

Problema: pérdida de biodiversidad. **SbN que pueden aplicarse:** sistemas agroforestales, corredores biológicos, manejo ecológico de plagas.

Tercer paso: consideración de criterios de selección

Se deben de tomar en cuenta algunos criterios para que la práctica que se diseñe o seleccione realmente sea una SbN. Por ejemplo, ante el problema de erosión del suelo se seleccionó integrar barreras vivas para su control. Entonces, observando el Cuadro 3, se analiza que las especies de árboles que se seleccionen para barreras vivas deban ser especies endémicas o locales (cumple criterio 2 de que se adaptan a las condiciones locales), ayudan a frenar la erosión, pero también mejorar el suelo (cumple criterio 7 de mejorar el suelo más fértil) y también conservan los animales de la parcela (como las aves, cumpliendo con el criterio 6 de conservar). Por lo que la práctica de incluir barreras vivas será considerada SbN.

Cuadro 3. Criterios a considerar para que una práctica sea considerada como Solución basada en la Naturaleza (SbN) en el sector agrícola.

Criterios
1. Deben abordar uno o más problemas identificados en la parcela.
2. Se deben adaptar a las condiciones locales donde está ubicada la parcela.
3. Pueden implementarse solas o en conjunto con otras prácticas sostenibles.
4. Ver a la parcela como un todo, cuidando al mismo tiempo el suelo, el agua, los cultivos, los animales y las personas.
5. Hay que revisar y planear las acciones pensando en toda la parcela y lo que la rodea, no solo en una parte.
6. Deben conservar y proteger a las plantas y animales que están alrededor de la parcela a través del tiempo.
7. Deben ayudar a que la naturaleza haga cosas útiles para la parcela, como dar agua, aire limpio, sombra y suelo fértil.
8. No solo deben ayudar a la naturaleza, también deben generar beneficios para la familia, la comunidad y los ingresos.
9. Estas soluciones deben evitar problemas o daños inesperados a la parcela, la gente o la naturaleza.
10. Se deben planear y mejorar juntos, con la ayuda de productores, vecinos, técnicos y autoridades
11. Dependen de la naturaleza y las costumbres de cada lugar, por eso no son iguales en todas las parcelas.
12. Son económicamente viables

Fuente: adaptado de Ruiz-García et al. (2025)

Es importante que para cada SbN identificada se haga un listado de cumplimiento a los criterios anteriores, como se sugiere en el Cuadro 4. No hay un número establecido de criterios que deban cumplir, sin embargo, se recomienda que cumplan más de tres criterios.

Cuadro 4. Ejemplo de criterios que se deben considerar para que una práctica sea considerada como SbN.

Problema (del Cuadro 2)	Posible acción (de la Figura 4)	Criterios que cumple (del cuadro 3)	¿Se considera SbN? (Sí / No)
Erosión del suelo	Integrar barreras vivas	2, 6 y 7	Sí

Cuarto paso: selección de Soluciones basadas en la Naturaleza aplicables al sector agropecuario

En este momento ya se analizaron y jerarquizaron los problemas que se tienen en el predio o en el terreno. También, se analizaron los criterios que deben cumplir las acciones de manejo para que se puedan considerar **SbN**. Cuando se haya completado el Cuadro 4 se tendrá una lista de problemas y posibles **SbN** para implementarse en la parcela. Se recomienda considerar a todos los actores clave que interactúan en la parcela, desde familiares, vecinos, responsables técnicos, asesores o incluso autoridades. De esta manera se puede llegar a un consenso y toma de decisiones planificada y acorde con las necesidades específicas del productor y su parcela. El diseño de **SbN** implica inversión de tiempo, compromiso y organización.

Para apoyar la decisión sobre qué SbN aplicar, se presenta un catálogo con fichas informativas considerando la agrupación de la Figura 4. En cada ficha se explica qué problema atiende, qué beneficios ofrece, cómo se aplica en campo, cuánto cuesta y ejemplos donde ya se ha usado. El productor puede elegir la opción que mejor se adapte a su terreno, recursos y necesidades.

**V. CATÁLOGO DE FICHAS
INFORMATIVAS RESPECTO
A SOLUCIONES BASADAS
EN LA NATURALEZA CON
POSIBILIDADES DE INCLUIRSE
EN ACTIVIDADES AGRÍCOLAS**

Manejo sostenible del suelo	Barreras vivas	¿Por qué es SbN? Usa especies nativas perennes y/o leñosas para conservar el suelo
-----------------------------	----------------	---

¿En qué consisten?
 Las barreras vivas son franjas de vegetación, principalmente especies nativas perennes y/o leñosas (nopales, pastos, arbustos, árboles), establecidas en las curvas de nivel o bordes de las parcelas. Su función principal es reducir la velocidad del agua y del viento, favoreciendo la retención del suelo y la humedad. También contribuyen a la conectividad ecológica del paisaje agrícola (Bailón-Miranda, 2021).



Principales beneficios



- Implementación en campo:**
1. Identificar zonas críticas: áreas con pendiente o donde se observe erosión.
 2. Trazar curvas a nivel: con ayuda de un nivel A o manguera transparente.
 3. Seleccionar especies: dependiendo del clima y tipo de suelo (por ejemplo, *Leucaena leucocephala*, *Vetiveria zizanioides*, *Gliricidia sepium*, maguey o pastos perennes).
 4. Siembra: colocar plantas o estacas a 30–50 cm de distancia entre sí.
 5. Mantenimiento: controlar malezas y reponer plantas los primeros meses.



Costos de establecimiento: pueden variar según el tipo de especie y la densidad de siembra, pero en promedio.

Actividad o requerimiento	Rango de costos por por hectárea (MXN)*
Material vegetal	\$1,000–\$2,500
Mano de obral	\$800–\$1,200
Mantenimiento anual	\$500–\$800

*Costos promedio en el mes de octubre, 2025

Estudios de caso:

- Veracruz: productores de café han usado barreras vivas de *Inga sp.* y *Bursera sp.* para conservar suelo y mejorar la infiltración de agua (Ruiz-García et al., 2021).
- Guerrero: en sistemas agroforestales se combinan barreras de *vetiver* con árboles frutales, logrando una reducción de hasta 70% de la pérdida de suelo por es-correntía (Bailón-Miranda et al., 2021).

Referencias:

Bailón-Miranda, J., Bustamante González, A., Vargas-López, S., Morales-Jiménez, J. & Casiano-Ventura, M. A. (2021). Erosion and control options in the La Ciénega Microba-sin in Malinaltepec, Guerrero, Mexico. *Agro Productividad*. 14(3):61 <https://doi.org/10.32854/agrop.v13i10.1751>.

Ruiz-García, P, Conde-Álvarez, C, Gómez-Díaz, JD, Monterro-so-Rivas, AI. (2021). Projections of local knowledge-based adaptation strategies of mexican coffee farmers. *Climate*. 9(4):1–17. <https://doi.org/10.3390/cli9040060>

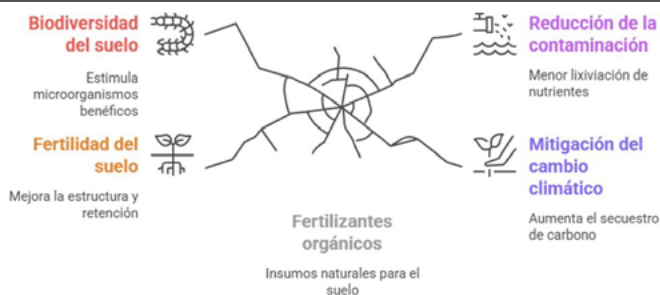
Manejo sostenible del suelo	Fertilizantes orgánicos	¿Por qué es SbN? Aprovecha los procesos naturales de los suelos agrícolas para mantener y mejorar la productividad sin alterar el equilibrio ambiental.
------------------------------------	--------------------------------	--

¿En qué consisten?

Los fertilizantes orgánicos son productos elaborados a partir de materiales naturales (estiércol compostado, lombricomposta, residuos vegetales o abonos verdes) que aportan nutrientes y mejoran la calidad del suelo. A diferencia de los fertilizantes químicos, liberan los nutrientes lentamente, favoreciendo un equilibrio natural en los cultivos y reduciendo impactos ambientales (Zapata-Hernández et al., 2022).



Principales beneficios



Implementación en campo:

1. Diagnóstico del suelo: analizar el contenido de materia orgánica y nutrientes.
2. Selección del fertilizante:
 - Composta: residuos vegetales, estiércol, restos de cosecha.
 - Lombricomposta: humus producido por lombrices (*Eisenia foetida*).
 - Abonos verdes: leguminosas como frijol, mucuna, canavalia o crotalaria.
 - Bokashi: mezcla fermentada de estiércol, melaza, salvado y microorganismos benéficos.
3. Aplicación:
 - En cultivos anuales: incorporar 2–5 toneladas por hectárea antes de la siembra.
 - En cultivos perennes: aplicar 5–10 kg por planta o 2–3 t/ha al inicio de la temporada de lluvias.
4. Mantenimiento: repetir cada ciclo agrícola y combinar con prácticas como cobertura vegetal y rotación de cultivos.

Costos de establecimiento: pueden variar según el tipo de abono y si se elabora en campo o se compra.

Actividad o requerimiento	Rango de costos por tonelada (MXN)*
Producción propia	\$500–\$1,200
Compra comercial	\$1,500–\$3,000 (depende de la región)
Mano de obra	\$400–\$800/ha por aplicación

*Costos promedio en el mes de octubre, 2025

Estudios de caso:

- Chiapas: se determinó que el uso de *Canavalia ensiformis* y *Mucuna deeringiana* produjeron una gran cantidad de biomasa y acumulación de N, P y K. Lo que las convierte en opciones viables como abonos verdes para recuperar suelos de la región (Zapata-Hernández et al., 2022).
- Tabasco: se usó *Crotalaria juncea* como abono verde, la cual aumentó indicadores de fertilidad (materia orgánica, N, P y K) (Valenzuela et al., 2020).

Referencias:

Zapata-Hernández, I., Vázquez-Solís, H., Martínez-Aguilar, F. B., Aguilar-Jiménez, C. E., & Zamora-Natera, J. F. (2022). Bio-mass yield, soil cover and minerals accumulation by two green manures species grown in soils of Chiapas, Mexico. *Eurasian Journal of Soil Science*, 11 (4), 329–336. <https://doi.org/10.18393/ejss.1135515>.

Valenzuela, W.M (2020). *Crotalaria juncea*: evaluación del efecto como abono verde sobre rendimiento y fertilidad del suelo en condiciones de campo en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/download/2202/3512?inline=1>

Gestión del agua	Terrazas y franjas de infiltración	¿Por qué es SbN? Restauran funciones ecológicas y mejoran el bienestar humano.
¿En qué consisten? Las terrazas y franjas de infiltración son estructuras o franjas con vegetación nativa establecidas en curvas a nivel para reducir la escorrentía y promover la infiltración (Bocco et al., 2019). - Las terrazas son plataformas o bordos que cortan la pendiente y retienen agua y suelo. - Las franjas de infiltración son líneas de vegetación nativa (gramíneas, leguminosas o arbustos) que ayudan a filtrar el agua, reducir su velocidad y retener sedimentos.		

Principales beneficios



Implementación en campo:

1. Identificación del terreno: seleccionar áreas con pendiente moderada (3–30%).
2. Trazado a nivel: usar un nivel A, manguera transparente o GPS para marcar las curvas de nivel.
3. Diseño de terrazas:
 - Terrazas individuales o en cadena: según pendiente y tipo de suelo.
 - Altura de bordo: 30–60 cm; ancho de terraza: 1–2 m.
 - Instalación de franjas de infiltración: Plantar especies perennes nativas como *Vetiveria zizanioides*, *Leucaena leucocephala*, *Pennisetum purpureum*, o cultivos de cobertura preferentemente con especies nativas.
4. Mantenimiento:
 - Limpiar canales, reforzar bordos y resembrar vegetación cada ciclo agrícola.
 - Evitar el paso de maquinaria sobre los bordos.

Costos de establecimiento: dependen del tipo de suelo, pendiente y tamaño de las terrazas.

Actividad o requerimiento	Rango de costos por tonelada (MXN)*
Construcción de terrazas (incluye mano de obra y maquinaria)	\$10,000–\$25,000
Franjas vegetadas (material vegetal y plantación)	\$2,000–\$5,000
Mantenimiento anual	\$500–\$1,000

*Costos promedio en el mes de octubre, 2025

Estudios de caso:

- Mixteca Alta, Oaxaca: se encontró que el uso de terrazas en la parcela agrícola aumenta la disponibilidad de humedad residual, permiten siembras tempranas de maíz y funcionan como estrategia local de adaptación a la variabilidad climática (Bocco et al., 2019).
- Atotonilco el Grande, Hidalgo: se demostró que el uso y recuperación de terrazas permiten cultivar milpa en pendientes pronunciadas, además de que tienen un papel fundamental en procesos socioeconómicos y procesos de reconstrucción técnica tradicional (Gutiérrez, 2017).

Referencias:

- Bocco, G., Solís Castillo, B., Orozco-Ramírez, Q., & Ortega-Iturriaga, A. (2019). La agricultura en terrazas en la adaptación a la variabilidad climática en la Mixteca Alta, Oaxaca, México. *Journal of Latin American Geography*, 18(1), 141–168. <https://doi.org/10.1353/lag.2019.0006>.
- Gutiérrez Ruvalcaba, I. (2017). *Las terrazas agrícolas del Sauz Sabino, Hidalgo: 1850–2015*. Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad, 38(152), 35–65. <https://doi.org/10.24901/rehs.v38i152.354>

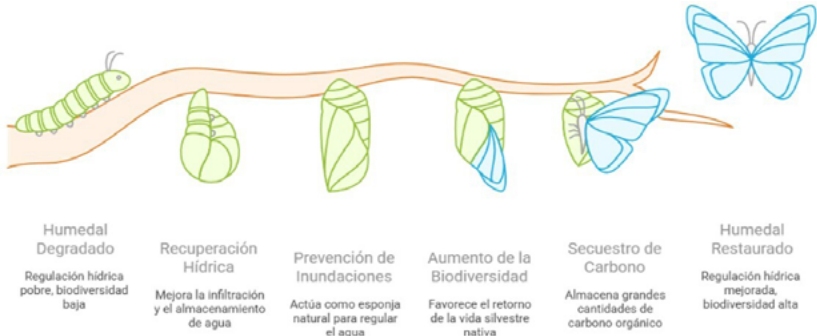
Gestión del agua	Restauración de humedales	¿Por qué es SbN? Aprovecha la capacidad de la naturaleza para autorregularse y generar beneficios tanto ecológicos como socioeconómicos.
-------------------------	----------------------------------	---

¿En qué consisten?

La restauración de humedales busca recuperar las funciones ecológicas de cuerpos de agua naturales (lagunas, marismas, ciénagas, bordos o zonas inundables) mediante la rehabilitación del flujo hídrico, la revegetación con especies nativas y la eliminación de actividades o estructuras que alteran el ecosistema. Es una práctica reconocida internacionalmente como Solución basada en la Naturaleza, ya que combina conservación, producción sustentable y adaptación al cambio climático (Gómez-Ruiz et al., 2022).



Principales beneficios



Implementación en campo:

1. Diagnóstico participativo: identificar las causas de degradación (drenado, contaminación, sobrepastoreo).
2. Restablecer el régimen hídrico:
 - Eliminar o modificar drenes y canales artificiales.
 - Crear bordos o zanjas de retención para mantener niveles naturales de agua.
3. Revegetar con especies nativas:
 - Plantar tulares (*Typha domingensis*), carrizos (*Phragmites australis*), ahuejotes (*Salix bonplandiana*) o juncos (*Juncus* spp.).
4. Controlar especies invasoras: retiro manual o controlado de lirio acuático o pasto kikuyo.
5. Monitorear: evaluar cobertura vegetal, niveles de agua, fauna y calidad del agua cada 6–12 meses.

Costos de establecimiento: pueden variar según el tamaño y grado de deterioro del humedal.

Actividad o requerimiento	Rango de costos por hectárea (MXN)*
Estudios y planificación (incluye diagnóstico y diseño)	\$5,000–\$15,000
Obras de rehabilitación hídrica (limpieza, bordos, zanjas)	\$10,000–\$30,000
Revegetación y mantenimiento	\$2,000–\$5,000

*Costos promedio en el mes de octubre, 2025

Estudios de caso:

- Pantanos de Centla, Tabasco: se realizó un proceso participativo para restaurar los manglares mediante reconexión hidrológica, plantación y fortalecimiento institucional (Gómez-Ruiz et al., 2022).
- Península de Yucatán: se realizó una comparación de manglares conservados, degradados y restaurados. Las áreas restauradas recuperaron la diversidad microbiana del sedimento (Esguerra-Rodríguez et al., 2024).

Referencias:

Gómez-Ruiz, P. A., Betancourth-Buitrago, R. A., Arteaga-Cote, M., Carbajal-Borges, J. P., Teutli-Hernández, C., & Laffon-Leal, S. (2022). *Fostering a participatory process for ecological restoration of mangroves in Pantanos de Centla Biosphere Reserve (Tabasco, Mexico)*. *Ecosystems and People*, 18(1), 112–118. <https://doi.org/10.1080/26395916.2022.2032358>

Esguerra-Rodríguez, D., De León-Lorenzana, A., Teutli, C., Prieto-Davó, A., & Falcón, L. I. (2024). *Do restoration strategies in mangroves recover microbial diversity? A case study in the Yucatán peninsula*. *PLOS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0307929>

Biodiversidad y agrobiodiversidad	Sistemas agroforestales	¿Por qué es SbN? Utilizan los procesos naturales para producir alimentos y, a la vez, recuperar los ecosistemas.
¿En qué consisten? Los sistemas agroforestales integran deliberadamente árboles, arbustos (principalmente nativos) y cultivos agrícolas o ganaderos en una misma unidad de producción (Pascual-Mendoza et al., 2020). Existen diferentes tipos según el objetivo y la región: • Agrosilvícolas: cultivos agrícolas + árboles nativos (ej. maíz con frutales o maderables nativos). • Silvopastoriles: ganado + árboles forrajeros o de sombra nativos. • Agrosilvopastoriles: combinan los tres componentes.		

Principales beneficios



Implementación en campo:

1. Diagnóstico del terreno y planificación: identificar pendientes, tipos de suelo y especies locales útiles.
2. Selección de especies:
 - Árboles fundamentalmente nativos de usos múltiples
 - Cultivos: maíz, frijol, café, cacao, hortalizas, pastos, etc.
3. Diseño y espaciamiento:
 - Árboles a 4–10 m según el cultivo asociado.
 - Combinar especies de raíces profundas con superficiales para evitar competencia.
4. Manejo y mantenimiento:
 - Poda de árboles para control de sombra.
 - Incorporar residuos vegetales al suelo.
 - Reposición de plantas y monitoreo anual.

Costos de establecimiento: dependen del número y tipo de especies, densidad y tamaño de la parcela.

Actividad o requerimiento	Rango de costos por hectárea (MXN)*
Plantación de árboles y arbustos (material vegetal y mano de obra)	\$5,000-\$12,000
Mantenimiento inicial (poda, riego y control de malezas)	—

*Costos promedio en el mes de octubre, 2025

Estudios de caso:

- Veracruz: se encontró que los sistemas agroforestales de café en el centro de Veracruz pueden capturar hasta 130 Mg de carbono/ha en la biomasa aérea y en el suelo. Además de que son capaces de mantener el contenido de carbono aún bajo condiciones de cambio climático (Ruiz-García et al., 2022).
- Sierra Norte, Oaxaca: se demostró que el uso de sistemas agroforestales concentra alta diversidad de plantas útiles, sostienen conocimientos tradicionales y proveen múltiples servicios, lo que respalda su papel como estrategia local de conservación y adaptación (Pascual-Mendoza et al., 2020).

Referencias:

- Ruiz-García, P., Monterroso-Rivas, A., Valdés-Velarde, E., Escamilla-Prado, E., Gómez-Díaz, J.D. (2022). Carbon stocks in coffee agroforestry systems in the face of climate change: case México. *Agron. Mesoam.* 33(3):48671. [doi:10.15517/am.v33i3.48671](https://doi.org/10.15517/am.v33i3.48671).
- Pascual-Mendoza, S., Manzanero-Medina, G. I., Saynes-Vásquez, A., & Vásquez-Dávila, M. A. (2020). Agroforestry systems of a Zapotec community in the Northern Sierra of Oaxaca, Mexico. *Botanical Sciences*, 98(1), 128–144. <https://doi.org/10.17129/botsci.2423>.

Biodiversidad y agrobiodiversidad	Banco de semillas nativas	¿Por qué es SbN? Utilizan la diversidad biológica para conservar, restaurar y producir de forma sostenible.
--	----------------------------------	--

¿En qué consisten?

Un banco de semillas nativas es un espacio físico o comunitario destinado a recolectar, conservar, clasificar, multiplicar e intercambiar semillas de cultivos locales. Puede ser de tipo:

- Comunitario: administrado por productores o cooperativas.
- Escolar o institucional: gestionado por centros educativos o técnicos.
- Doméstico: mantenido por familias campesinas.

Su objetivo es preservar la diversidad genética y cultural de las semillas y asegurar su disponibilidad para futuras siembras.



Principales beneficios



Implementación en campo:

1. Diagnóstico participativo: identificar cultivos locales y variedades tradicionales en riesgo de perderse.
2. Recolección de semillas: seleccionar plantas sanas, vigorosas y adaptadas al entorno local.
3. Limpieza y secado: secar a la sombra en lugares ventilados hasta alcanzar 8–10% de humedad.
4. Almacenamiento:
 - Guardar en frascos herméticos, bolsas de tela o botellas recicladas.
 - Mantener en un lugar fresco, seco y oscuro.
 - Registrar fecha, especie, variedad y origen.
5. Multiplicación: reproducir periódicamente las semillas en parcelas comunitarias o escuelas de campo.
6. Intercambio: organizar ferias o redes locales de intercambio de semillas.

Costos de establecimiento: dependen del tipo de suelo, pendiente y tamaño de las terrazas.

Actividad o requerimiento	Rango de costos por hectárea (MXN)*
Infraestructura (estantería, envases, etiquetas, termómetro)	\$5,000–\$15,000
Capacitación y registro	\$2,000–\$5,000
Mantenimiento anual (limpieza, reposición de material)	\$1,000–\$3,000

*Costos promedio en el mes de octubre, 2025

Estudios de caso:

- Ciénega de Chignahuapan: se encontró que el uso de bancos de semilla conserva una reserva importante de especies nativas arvenses útiles para la recuperación de agroecosistemas y restauración tras disturbios (Zepeda-Gómez, (2015).
- Coahuila: se caracterizó un banco de semillas de zacatal, reportando alta riqueza de especies, patrones espaciales de abundancia y relación entre cobertura vegetal y reserva de semillas. El banco de semillas resultó un indicador para estrategias de restauración (Juanes-Márquez, 2023).

Referencias:

- Zepeda-Gómez, C. (2015). Evaluación del banco de semillas y su importancia en la conservación y manejo de agroecosistemas: estudio en la Ciénega de Chignahuapan, México. *Agroecología y Desarrollo Sustentable*, 22(4), 45–58. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-42982015000400002&script=sci_arttext
- Juanes-Márquez, S. (2023). Caracterización del banco de semilla de un zacatal de *Amelichloa clandestina* en el sures-te de Coahuila. *Revista Ciencias Agrícolas (INIFAP)*. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/3386>

Conservación y restauración de ecosistemas	Restauración con especies nativas	¿Por qué es SbN? Trabaja con la naturaleza, no contra ella, promoviendo ecosistemas autosuficientes y resilientes al cambio climático
--	-----------------------------------	--

¿En qué consisten?

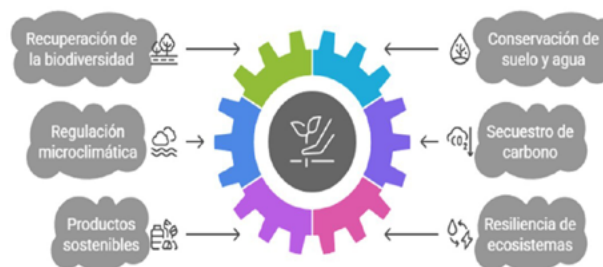
La restauración con especies nativas consiste en reforestar o regenerar áreas degradadas utilizando árboles, arbustos y herbáceas propios de la región.

Incluye prácticas como:

- Plantación directa: reforestación con plántulas de vivero.
- Regeneración natural asistida: eliminación de especies invasoras, protección de brotes y propagación de semillas nativas.
- Sistemas agroforestales: combinación de cultivos agrícolas con especies nativas para restauración ecológica y productiva.



Principales beneficios



Implementación en campo:

1. Diagnóstico y planificación: identificar áreas degradadas, tipos de suelo, clima y especies nativas locales.
2. Producción de material vegetal: establecer viveros o recolectar semillas/estacas de especies locales.
3. Preparación del sitio: limpiar maleza invasora, preparar surcos o hoyos de plantación, mejorar el suelo si es necesario.
4. Plantación:
 - Colocar plántulas o estacas según la densidad recomendada por especie (1–2 m entre árboles pequeños, 3–5 m entre medianos).
5. Mantenimiento:
 - Riego inicial, control de maleza y protección contra animales durante 6–12 meses.
 - Monitoreo anual de supervivencia y crecimiento.

Costos de establecimiento: dependen del número y tipo de especies, densidad y área.

Actividad o requerimiento	Rango de costos por hectárea (MXN)*
Producción de plántula en vivero	\$5 - \$10
Plantación y preparación del sitio	\$8,000 - \$15,000
Mantenimiento anual	\$2,000 - \$5,000

*Costos promedio en el mes de octubre, 2025

Estudios de caso:

- Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (Tabasco): se realizó una restauración de manglares, donde la acción técnica y gobernanza comunitaria potencializaron la eficacia de la restauración con especies nativas (Gómez-Ruiz et al., 2022).
- Reserva de la mariposa monarca: se realizó una plantación asistida combinada con plantas nodrizas nativas del bosque de oyamel, obteniendo un 94% de sobrevivencia (Carbajal-Navarro et al., 2019).

Referencias:

- Mata-Balderas, J. M., Treviño-González, E. J., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Cruz, Ó., Alanís-Rentería, E., & Salinas-Cárdenas, W. E. (2010). Evaluación de la siembra directa con especies de pino en la restauración de un ecosistema semi-árido templado. *Ciencia UANL*, 13(1), 72–77. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/402/40211897011.pdf>
- Carbajal-Navarro, A., Navarro-Miranda, E., Blanco-García, A., Cruzado-Vargas, et al. (2019). Ecological restoration of *Abies religiosa* forests using nurse plants and assisted migration in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve, Mexico. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 421. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00421>

Conservación y restauración de ecosistemas	Enriquecimiento de acahuals	¿Por qué es SbN? Restaura ecosistemas degradados trabajando con los procesos naturales de regeneración, integrando beneficios ecológicos, climáticos y socioeconómicos
---	------------------------------------	---

¿En qué consisten?

El enriquecimiento de acahuals consiste en introducir especies nativas en parcelas de descanso, barbecho o acahuals, que normalmente se dejan en regeneración natural tras el cultivo.

- Acahuals con árboles o arbustos multipropósito (forraje, frutales, maderables).
- Acahuals mejorados con especies fijadoras de nitrógeno o de rápido crecimiento.
- Acahuals asociados a cultivos para sistemas mixtos de sombra, protección del suelo y diversificación productiva.



Principales beneficios



Implementación en campo:

1. Identificación del acahual: localizar parcelas de barbecho o descanso con regeneración natural parcial.
2. Selección de especies:
 - Árboles frutales y maderables
 - Arbustos forrajeros y fijadores de nitrógeno
3. Preparación del sitio: limpiar maleza competitiva, realizar surcos o hoyos de plantación.
4. Plantación y densidad:
 - Árboles cada 3–5 m, arbustos cada 1–2 m según la especie y objetivo.
5. Mantenimiento:
 - Riego inicial, poda para control de sombra y crecimiento, control de plagas y maleza.
 - Revisión anual para reponer plántulas con baja supervivencia.

Costos de establecimiento:

Actividad o requerimiento	Rango de costos por hectárea (MXN)*
Material vegetal (planta en vivero comunitario)	\$5.0-\$10.0
Plantación y preparación de sitio	\$4,000-\$10,000
Mantenimiento anual	\$1,500-\$3,500

*Costos promedio en el mes de octubre, 2025

Estudios de caso:

Tabasco: el enriquecimiento de acahuals mostró capacidad relevante como reservorio de carbono y variaciones estructurales, de manera que fue una alternativa viable para conservar servicios ecosistémicos (García-Domínguez et al., 2018).

Reserva de la Biosfera de Calakmul: el enriquecimiento de acahuals modificó la estructura y aumentó la diversidad arbórea de selva mediana perennifolia (Báez-Vargas & Esparza, 2017).

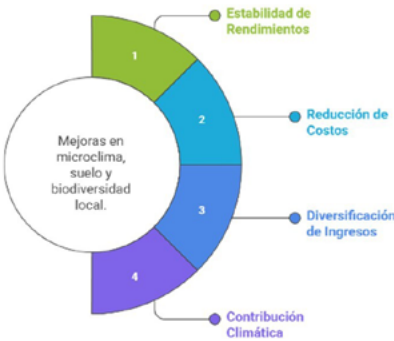
Referencias:

- Báez-Vargas, A. M., & Esparza, L. G. (2017). Efecto del manejo sobre la diversidad de árboles en vegetación secundaria en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México. *Revista de Biología Tropical*, 65(1), 41–53. <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i1.20806>
- García-Domínguez, A., Cámara-Cabral, L. C., Van der Wal, J. C., & Martínez Zurimendi, P. (2018). Biomasa en acahuals de tres unidades ecogeográficas del estado de Tabasco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(48). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i48.132>

Adaptación y mitigación al cambio climático	Uso de especies nativas resistentes a la sequía	¿Por qué es SbN? Aprovecha los procesos y mecanismos naturales de adaptación al estrés hídrico para enfrentar los efectos del cambio climático en los sistemas agrícolas.								
¿En qué consisten? Esta práctica consiste en incorporar especies vegetales nativas adaptadas a condiciones de baja disponibilidad de agua en sistemas agrícolas, forestales o de restauración. Estas especies han evolucionado bajo el clima local, por lo que presentan alta eficiencia en el uso del agua, resistencia a altas temperaturas y capacidad de rebrote después de sequías prolongadas.										
Principales beneficios 										
Implementación en campo: Diagnóstico y selección del sitio: identificar tipo de suelo, pendiente y disponibilidad de agua. - Selección de especies: priorizar especies nativas locales adaptadas a condiciones de aridez o semi-aridez. - Preparación del terreno: construir terrazas o zanjas de infiltración para retener agua, incorporar materia orgánica al suelo. - Producción y plantación: utilizar viveros locales o coleccionar semillas certificadas, plantar al inicio de la temporada de lluvias para asegurar establecimiento. - Manejo posterior: control de maleza durante el primer año. Protección contra el sobrepastoreo. Monitoreo de crecimiento y sobrevivencia										
Costos de establecimiento: dependen del tipo de suelo, pendiente y tamaño de las terrazas.										
<table><tr><th>Actividad o requerimiento</th><th>Rango de costos por hectárea (MXN)*</th></tr><tr><td>Producción de planta nativa</td><td>\$8.0-\$20.0</td></tr><tr><td>Preparación del sitio y plantación</td><td>\$5,000-\$15,000</td></tr><tr><td>Mantenimiento inicial</td><td>\$2,000-\$4,000</td></tr></table> *Costos promedio en el mes de octubre, 2025			Actividad o requerimiento	Rango de costos por hectárea (MXN)*	Producción de planta nativa	\$8.0-\$20.0	Preparación del sitio y plantación	\$5,000-\$15,000	Mantenimiento inicial	\$2,000-\$4,000
Actividad o requerimiento	Rango de costos por hectárea (MXN)*									
Producción de planta nativa	\$8.0-\$20.0									
Preparación del sitio y plantación	\$5,000-\$15,000									
Mantenimiento inicial	\$2,000-\$4,000									
Estudios de caso: - Yucatán: se demostró que el uso de árboles y palmas nativas en pasturas de Yucatán mejora condiciones microambientales y mitiga los impactos de la sequía sobre la cobertura y productividad de gramíneas (Hernández-Salmerón et al., 2023). - Norte y centro de México: la especie <i>Suaeda edulis</i> (nativa halófila semidomesticada), es una especie resistente a la sequía que puede ser usada desde zonas húmedas del Valle de México hasta el noroeste árido. Tiene potencial como cultivo de biomasa en áreas salinas/áridas (Costa-Becheleni et al., 2021).		Referencias: Hernández-Salmerón, I. R., et al. (2023). Native palms and trees mediate drought impacts on dry neotropical pastures. <i>Journal of Applied Ecology</i>. https://doi.org/10.1111/1365-2664.14425. Costa-Becheleni, F. R., Troyo-Diéguez, E., Nieto-Garibay, A., Bustamante-Salazar, L. A., García-Galindo, H. S., & Murillo-Amador, B. (2021). Hydro-Environmental Criteria for Introducing an Edible Halophyte from a Rainy Region to an Arid Zone: A Study Case of <i>Suaeda</i> spp. as a New Crop in NW México. <i>Plants</i>, 10(10), 1996. https://doi.org/10.3390/plants10101996.								

Adaptación y mitigación al cambio climático	Agricultura multifuncional	¿Por qué es SbN? Utiliza y fortalece procesos y estructuras naturales para cumplir objetivos productivos, climáticos y sociales, proporcionando beneficios ecosistémicos y sociales.
¿En qué consisten? Integra en una misma unidad productiva múltiples funciones y elementos: cultivos alimentarios árboles nativos, huertos familiares, manejo de residuos y prácticas que aumentan la resiliencia climática y disminuye el impacto negativo de la variabilidad climática. La idea es combinar producción de alimentos con provisión de servicios ecosistémicos y fuentes diversificadas de ingresos.		

Principales beneficios



Implementación en campo:

1. Diagnóstico del predio y recursos: identificar suelos, agua, cultivos, especies nativas y potencial productivo.
 2. Diseño del sistema: combinar agricultura, ganadería, forestería o turismo según las condiciones locales.
 3. Prácticas sostenibles:
 - Rotación y asociación de cultivos.
 - Incorporación de árboles y setos vivos.
 - Compostaje y biofertilizantes.
 - Captación de agua de lluvia y terrazas de infiltración.
 4. Gestión social y económica: crear cooperativas o asociaciones para comercialización y certificaciones.
- Monitoreo: evaluar beneficios productivos, sociales y ecológicos

Costos de establecimiento: depende del tamaño de la parcela.

Actividad o requerimiento	Rango de costos por hectárea (MXN)*
Diseño y planificación inicial	\$3,000-\$10,000
Implementación de prácticas agroecológicas	\$5,000-\$20,000
Mantenimiento anual	\$3,000-\$8,000

*Costos promedio en el mes de octubre, 2025

Estudios de caso:

- Chahuities, Oaxaca: se demostró que el enfoque de agricultura multifuncional genera una diversidad de beneficios socioecosistémicos en el paisaje agrícola (Cortez-Egremy et al., 2022).
- Comalcalco, Tabasco: encontraron que la agricultura multifuncional aumenta la diversidad y riqueza de especies en la parcela. Además de que refuerza su papel en la seguridad alimentaria y conservación in situ (Avilez-López et al., 2020).

Referencias:

Cortez Egremy, J. G., Baca del Moral, J., Uribe-Gómez, M., Gómez Hernández, T., & Valdés Velarde, E. (2022). La multifuncionalidad de la agricultura como herramienta de análisis de políticas agrarias: el caso del programa Sembrando Vida en Chahuities, Oaxaca. *Acta Universitaria*, 32, 1–18. <https://doi.org/10.15174/au.2022.3339>

Avilez-López, T., Aldasoro-Maya, E. M., Rodríguez-Robles, U., et al. (2020). Home gardens' agrobiodiversity and owners' knowledge of their ecological, economic and socio-cultural multifunctionality: a case study in the lowlands of Tabasco, México. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 16, 63. <https://doi.org/10.1186/s13002-020-00392-2>

Bienestar y salud humana	Turismo rural/ agroturismo	¿Por qué es SbN? Aprovecha los servicios ecosistémicos y promueve la conservación de los recursos naturales, al mismo tiempo que genera beneficios socioeconómicos.
---------------------------------	-----------------------------------	--

¿En qué consisten?

El turismo rural o agroturismo consiste en integrar la actividad turística con la vida agrícola y rural, ofreciendo experiencias educativas, recreativas y productivas.

Ejemplos:

- Visitas a fincas de café, cacao o huertos orgánicos.
- Participación en cosechas, siembra o elaboración de productos tradicionales.
- Caminatas interpretativas, observación de aves, talleres de cocina y artesanía local.



Principales beneficios



Implementación en campo:

1. Diagnóstico y planificación: identificar atractivos naturales, culturales y productivos.
2. Definir experiencias turísticas: seleccionar actividades que sean seguras y educativas, como talleres, visitas guiadas o recorridos por cultivos.
3. Infraestructura básica: senderos señalizados y seguros, áreas de descanso y baños, alojamiento sencillo (cabañas, camping, casa rural).
4. Capacitación del personal: atención al visitante, seguridad, higiene, guías locales.
5. Promoción y redes: publicidad en línea, colaboración con agencias de turismo rural, ferias y eventos locales.
6. Gestión sostenible: manejo de residuos, uso responsable del agua y conservación de la biodiversidad

Costos de establecimiento: dependen del alojamiento y equipamiento.

Actividad o requerimiento	Rango de costos por hectárea (MXN)*
Infraestructura inicial	\$50,000-\$200,000
Capacitación y señalización	\$5,000-\$15,000
Promoción y marketing	\$2,000-\$10,000
Mantenimiento anual	\$5,000-\$20,000

*Costos promedio en el mes de octubre, 2025

Estudios de caso:

- Nivel nacional: se identificaron impactos positivos del agroturismo en diversos ingresos rurales y conservación de prácticas agrarias tradicionales. Se requiere mayor integración en políticas públicas (Pérez-Olmos & Aguilar-Rivera, 2021).
- Sierra Juárez, Oaxaca: el agroturismo ha generado beneficios económicos en la zona, así como interés local que ha reforzado elementos socioculturales (Galán-Cuevas et al., 2019).

Referencias:

- Pérez-Olmos, K. N., & Aguilar-Rivera, N. (2021). Agritourism and sustainable local development in Mexico: A systematic review. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 17180–17200. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01413-0>
- Galán-Cuevas, G. E., Castañeda Hidalgo, E., Juárez Sánchez, J. P., Lozano-Trejo, S., Santiago Martínez, G. M., & Pérez León, M. I. (2019). El agroturismo en dos municipios de la Sierra Juárez, Oaxaca, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 16(2), 219–237. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-54722019000200219&script=sci_arttext&tlng=en

Bienestar y salud humana	Huertos familiares	¿Por qué es SbN? Protegen y restauran ecosistemas modificados, responden a desafíos sociales (alimentación, ingresos, salud) y generan beneficios para las personas y la naturaleza
¿En qué consisten? Un huerto familiar es un espacio doméstico destinado a cultivar alimentos para el consumo propio, normalmente en parcelas pequeñas (10–500 m²). Se pueden incluir: • Hortalizas (tomate, chile, calabaza, lechuga, zanahoria). • Frutales (mango, papaya, guayaba, cítricos). • Hierbas aromáticas y medicinales (cilantro, perejil, manzanilla). • Plantas fijadoras de nitrógeno o de cobertura para mejorar el suelo.		

Principales beneficios



Implementación en campo:

1. Selección del sitio: preferentemente cercano a la vivienda, con buena luz solar y drenaje.
2. Diseño del huerto:
 - Parcelas pequeñas o camas elevadas para fácil manejo.
 - Rotación de cultivos para prevenir plagas y enfermedades.
3. Preparación del suelo: incorporar materia orgánica, compost o estiércol.
4. Siembra y plantación: elegir semillas locales y resistentes; sembrar según compatibilidad de cultivos.
5. Mantenimiento: riego regular y eficiente, control de maleza, plagas y poda de plantas, fertilización con compost o abonos orgánicos.
6. Cosecha y almacenamiento: recolectar cuando los alimentos están maduros y consumir o almacenar adecuadamente.

Costos de establecimiento:

Actividad o requerimiento	Rango de costos por hectárea (MXN)*
Preparación de suelo y camas	\$500-\$1,500
Semillas y plántulas	\$200-\$800
Fertilizantes orgánicos/compost	\$300-\$1,000
Mantenimiento anual	\$500-\$1,500

*Costos promedio en el mes de octubre, 2025

Estudios de caso:

- Tabasco: se evaluaron 20 huertos familiares y se encontró alta agrobiodiversidad (más de 60 especies) y 38 beneficios ecológicos y económicos reconocidos. El saber local sostiene la conservación in situ (Avilez-López et al., 2020).
- Yucatán: se encontró relación positiva entre huertos familiares y seguridad alimentaria (consumo alimentario y frecuencia de ingesta de vegetales), lo que mejora las dietas rurales (Castaña-Navarrete, 2021).

Referencias:

- Avilez-López, T., van der Wal, H., Aldasoro-Maya, E., Rodríguez-Robles, U., et al. (2020). Home gardens' agrobiodiversity and owners' knowledge of their ecological, economic and socio-cultural multifunctionality: a case study in the lowlands of Tabasco, México. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 16, 42. <https://doi.org/10.1186/s13002-020-00392-2>.
- Castaña-Navarrete, J. (2021). Homegarden diversity and food security in southern Mexico. *Food Security*, 13(3), 669–683. <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01148-w>

CASO DE ÉXITO: EJEMPLO EN CULTIVO DE CAFÉ TRADICIONAL BAJO SOMBRA

El cultivo de café bajo sombra es una **SbN** que usan la mayoría de las comunidades del sur de México. Consiste en plantar café junto con árboles y arbustos, en su mayoría nativos, lo que mejora el suelo haciéndolo más sano y fértil; ayuda a combatir el cambio climático gracias a que se captura carbono en las hojas de los árboles y en la materia orgánica del suelo (Ruiz-García et al., 2022). Además, los árboles pueden dar otros productos como frutas, leña, madera y miel, lo que genera ingresos extra y mejora la alimentación y la economía de las familias (Soto-Pinto et al., 2022) (ver Figura 5).

▼ **Figura 5.** Múltiples beneficios que genera el uso de **SbN** en el cultivo de café tradicional.



ERRORES COMUNES AL APLICAR SbN EN LA PARCELA

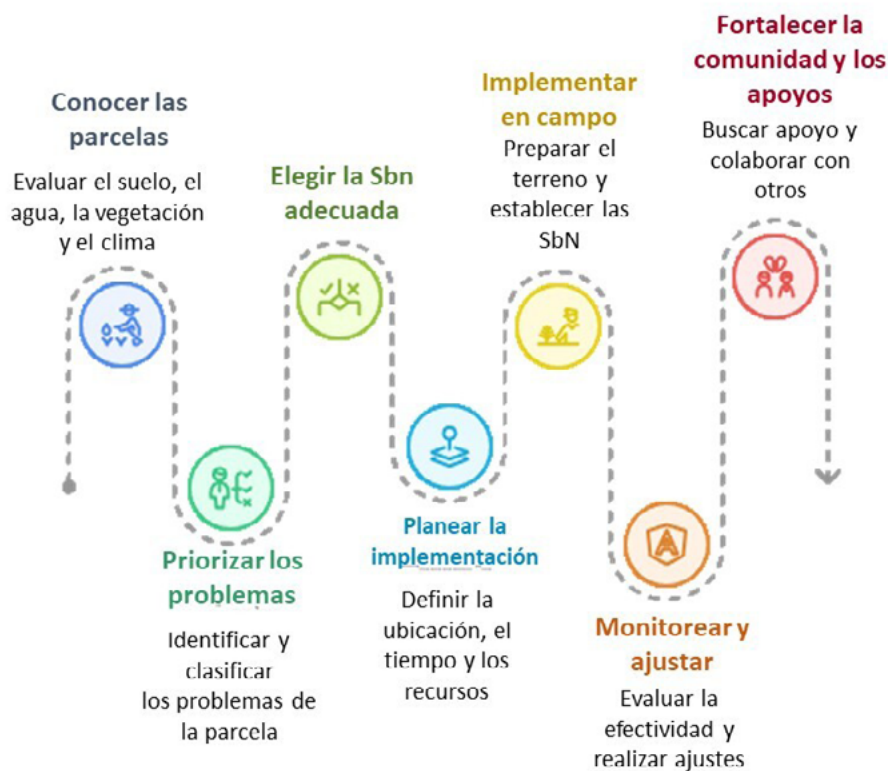
Conocer los errores más comunes y saber cómo evitarlos puede ayudar a ahorrar tiempo, dinero y esfuerzo en la implementación de SbN en la parcela. A continuación, se mencionan algunos errores comunes que se comenten y cómo se pueden evitar para tener éxito en el establecimiento de una SbN y reducir el riesgo de resultados negativos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Errores comunes y cómo se pueden evitar para el establecimiento de Soluciones basadas en la Naturaleza.

Error común	Cómo evitarlo
Elegir una SbN sin conocer los problemas que afectan a la parcela	Conocer a la parcela. Revisar el suelo, el agua, los cultivos y la familia antes de decidir que SbN aplicar.
Usar especies que no son locales	Priorizar plantas nativas que son más resistentes y se adaptan mejor al clima y al suelo local.
Pensar sólo en el corto plazo	Buscar beneficios múltiples a largo plazo considerando producción, ingreso, naturaleza y bienestar de la comunidad.
No medir resultados	Revisar si la práctica funciona y mejorarla con el tiempo.
Falta de organización	Trabajar en equipo. Incluir a la familia, vecinos, técnicos y autoridades para tomar decisiones.

LO ESENCIAL PARA APLICAR SbN EN LA PARCELA

En este apartado se presenta un resumen de los pasos prioritarios que se mencionaron anteriormente para diseñar o seleccionar SbN, así como su implementación en la parcela. El objetivo es facilitar la toma de decisiones y apoyar a los productores en la selección, planificación y seguimiento de SbN que mejoren la producción, conserven los recursos naturales y fortalezcan la economía familiar. Esta hoja de ruta resume las acciones clave para comenzar a trabajar con la naturaleza de manera práctica y ordenada (ver Fig. 6).



▼ **Figura 6.** Pasos prioritarios para diseñar, seleccionar e implementar SbN en la parcela.

MENSAJE FINAL PARA EL PRODUCTOR

Las Soluciones basadas en la Naturaleza no solo reducen la degradación ambiental, también hacen más fuerte y rentable al campo mexicano. Quizás resulten familiares o ya conocidas, pero no se deben de olvidar, puesto que la naturaleza sigue mostrando con fuerza su capacidad de regenerar la tierra. Con pasos pequeños pero constantes, cada parcela puede convertirse en un ejemplo de adaptación y esperanza frente al cambio climático y otros problemas ambientales.

Al integrar árboles, arbustos y otras especies útiles, mejorar la fertilidad del suelo y conservar los recursos hídricos, no solo se asegura un mejor rendimiento agrícola, sino que también contribuye a la biodiversidad, reduce la erosión y protege el ecosistema local. Cada acción cuenta, desde plantar una especie fijadora de nitrógeno hasta construir barreras vivas para frenar la erosión, todas suman para crear un entorno más saludable y productivo. El campo mexicano tiene la capacidad de hacer frente y adaptarse al cambio climático, la sequía y a otros problemas ambientales. Con paciencia, planificación y el uso de soluciones naturales, la parcela agrícola, ganadera y forestal puede convertirse en un espacio de innovación, esperanza y prosperidad, donde la naturaleza y la producción agrícola conviven en armonía.

Se debe recordar que: cada árbol plantado, cada barrera viva establecida y cada práctica de conservación aplicada es un paso hacia un futuro más sostenible, seguro y rentable para usted, su familia y las próximas generaciones.

Para mayor información sobre este manual consultar a:

Dr. Alejandro I. Monterroso Rivas: AMONTERROSOR@chapingo.mx

Dra. Patricia Ruiz García: patyrug31@gmail.com

Dra. Ana Cecilia Conde Álvarez: conde@unam.mx

REFERENCIAS

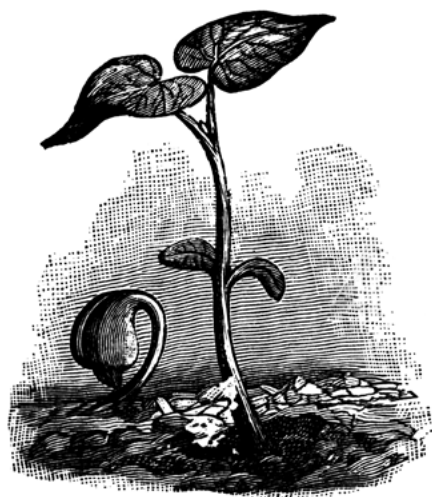
- Anderzén, J., Guzman, L. A., Luna, G.D., Merrill, S.C., Caswell M., Méndez, E., Hernández, R.J., Mier, M., Giménez, C.T. (2020). Effects of on-farm diversification strategies on smallholder coffee farmer food security and income sufficiency in Chiapas, Mexico. 77:33-46. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.04.001>.
- Arce-Romero A, Monterroso-Rivas A, Gómez J, Palacios M, Navarro E, López-Blanco J, y Conde C. (2020). Crop yield simulations in Mexican agriculture for climate change adaptation. *Atmósfera* <https://doi.org/10.20937/ATM.52430>
- Avilez-López, T., Aldasoro-Maya, E. M., Rodríguez-Robles, U., et al. (2020). Home gardens' agrobiodiversity and owners' knowledge of their ecological, economic and socio-cultural multifunctionality: a case study in the lowlands of Tabasco, México. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 16, 63. <https://doi.org/10.1186/s13002-020-00392-2>
- Avilez-López, T., van der Wal, H., Aldasoro-Maya, E., Rodríguez-Robles, U., et al. (2020). Home gardens' agrobiodiversity and owners' knowledge of their ecological, economic and socio-cultural multifunctionality: a case study in the lowlands of Tabasco, México. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 16, 42. <https://doi.org/10.1186/s13002-020-00392-2>.
- Báez-Vargas, A. M., & Esparza, L. G. (2017). Efecto del manejo sobre la diversidad de árboles en vegetación secundaria en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México. *Revista de Biología Tropical*, 65(1), 41–53. <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i1.20806>
- Bailón-Miranda, J., Bustamante González, A., Vargas-López, S., Morales-Jiménez, J. & Casiano-Ventura, M. A. (2021). Erosion and control options in the La Ciénega Microbasin in Malinaltepec, Guerrero, Mexico. *Agro Productividad*. 14(3):61 <https://doi.org/10.32854/agrop.v13i10.1751>.
- Carbajal-Navarro, A., Navarro-Miranda, E., Blanco-García, A., Cruzado-Vargas, et al. (2019). Ecological restoration of *Abies religiosa* forests using nurse plants and assisted migration in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve, Mexico. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 421. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00421>
- Castañeda-Navarrete, J. (2021). Homegarden diversity and food security in southern Mexico. *Food Security*, 13(3): 669–683. <https://doi.org/10.1007/s12571-021-01148-w>
- CONAZA y UACH. (2024). Informe Nacional de Acciones contra la Desertificación, Degradación de Tierras y Sequía en México. Comisión Nacional de Zonas Áridas. <https://www.gob.mx/conaza/es/documentos/informe-nacional-2024-acciones-contra-la-desertificacion-degradacion-de-tierras-y-sequia-en-mexico>
- CONAFOR-UACH. (2013). Línea base nacional de degradación de tierras y desertificación. Informe final. Comisión Nacional Forestal y Universidad Autónoma Chapingo. Zapopan, Jalisco.
- Cortez Egremy, J. G., Baca del Moral, J., Uribe-Gómez, M., Gómez Hernández, T., & Valdés Velarde, E. (2022). La multifuncionalidad de la agricultura como herramienta de

- análisis de políticas agrarias: el caso del programa Sembrando Vida en Chahuities, Oaxaca. *Acta Universitaria*, 32, 1–18. <https://doi.org/10.15174/au.2022.3339>
- Costa-Becheleni, F. R., Troyo-Diéguez, E., Nieto-Garibay, A., Bustamante-Salazar, L. A., García-Galindo, H. S., & Murillo-Amador, B. (2021). Hydro-Environmental Criteria for Introducing an Edible Halophyte from a Rainy Region to an Arid Zone: A Study Case of Suaeda spp. as a New Crop in NW México. *Plants*, 10(10), 1996. <https://doi.org/10.3390/plants10101996>.
- Eekhout, J.P.C., de Vente J. (2022). Global impact of climate change on soil erosion and potential for adaptation through soil conservation. *Earth-Science Reviews*, 226: 103921. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.103921>.
- Esguerra-Rodríguez, D., De León-Lorenzana, A., Teutli, C., Prieto-Davó, A., & Falcón, L. I. (2024). Do restoration strategies in mangroves recover microbial diversity? A case study in the Yucatán peninsula. *PLOS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0307929>
- Estrada, F., Mendoza-Ponce, A., Calderón-Bustamante, O. and Botzen, W. (2022). Impacts and economic costs of climate change on Mexican agriculture. *Regional Environmental Change*, 22(4): 126.
- Galán-Cuevas, G. E., Castañeda Hidalgo, E., Juárez Sánchez, J. P., Lozano-Trejo, S., Santiago Martínez, G. M., & Pérez León, M. I. (2019). El agroturismo en dos municipios de la Sierra Juárez, Oaxaca, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 16(2): 219–237.
- García-Domínguez, A., Cámara-Cabrales, L. C., Van der Wal, J. C., & Martínez Zurimendi, P. (2018). Biomasa en acahuales de tres unidades ecogeográficas del estado de Tabasco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(48). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i48.132>
- Giuliani, L. M., Warner, E., Campbell, G. A., Lynch, J., Smith, A. C., and Smith, P. (2024). Advancing nature-based solutions through enhanced soil health monitoring in the United Kingdom. *Soil Use and Management*, 40(4), e13164. <https://doi.org/10.1111/sum.13164>
- Gómez, D.J., Flores, R., y Monterroso, A. (2020). Aptitud actual bajo escenarios de cambio climático para tres cultivos en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(4), 777–788. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i4.2463>
- Gómez-Ruiz, P. A., Betancourth-Buitrago, R. A., Arteaga-Cote, M., Carbajal-Borges, J. P., Teutli-Hernández, C., & Laffon-Leal, S. (2022). Fostering a participatory process for ecological restoration of mangroves in Pantanos de Centla Biosphere Reserve (Tabasco, Mexico). *Ecosystems and People*, 18(1): 112–118. <https://doi.org/10.1080/26395916.2022.2032358>
- Gordillo de Anda, G. (2019). Los retos del momento actual en el campo [The challenges of the present moment in the field]. *Economía UNAM*, 16(46), 3–20. <https://doi.org/10.22201/fe.24488143e.2019.46.445>
- Hernández-Salmerón, I. R., et al. (2023). Native palms and trees mediate drought impacts on dry neotropical pastures. *Journal of Applied Ecology*. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14425>.

- Hisano, M., Searle, B.E., Chen, H.Y.H. (2018). Biodiversity as a solution to mitigate climate change impacts on the functioning of forest ecosystems. *Biological Reviews*, <https://doi.org/10.1111/brv.12351>
- lungman, T., Ventura Caballé, S., Segura-Barrero, R., Cirach, M., Mueller, N., Daher, C., Villalba, G., Barboza, E. P., & Nieuwenhuijsen, M. (2025). Co-benefits of nature-based solutions: A health impact assessment of the Barcelona Green Corridor (Eixos Verds) plan. *Environment International*, 196, 109313. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109313>
- Jandl, R., Spathelf, P., Bolte, A. et al. Adaptación forestal al cambio climático: ¿es la no gestión una opción?. *Annals of Forest Science* 76, 48 (2019). <https://doi.org/10.1007/s13595-019-0827-x>
- Johnson, B. A., Kumar, P., Okano, N., Dasgupta, R., & Shivakoti, B. R. (2022). Nature-based solutions for climate change adaptation: A systematic review of systematic reviews. *Nature-Based Solutions*, 2, 100042. <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2022.100042>
- Juanes-Márquez, S. (2023). Caracterización del banco de semilla de un zacatal de *Ameiuchloa clandestina* en el sureste de Coahuila. *Revista Ciencias Agrícolas (INIFAP)*. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/3386>
- Kobusinge, J., Gabiri, G., Kagezi, G. H., Sseremba, G., Nakitende, A., Arinaitwe, G., & Twesigye, C. K. (2023). Potential of Moisture Conservation Practices to Improve Soil Properties and Nutrient Status of Robusta Coffee Plant. *Agronomy*, 13(4): 1148. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041148>
- Lo, V., & International Institute for Sustainable Development. (2023). *Enhancing biodiversity co-benefits from nature-based solutions*. IISD. <https://www.iisd.org/system/files/2023-06/biodiversity-co-benefits-nature-based-solutions.pdf>
- Mata-Balderas, J. M., Treviño-González, E. J., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Cruz, Ó., Alanís-Rentería, E., & Salinas-Cárdenas, W. E. (2010). Evaluación de la siembra directa con especies de pino en la restauración de un ecosistema semi-árido templado. *Ciencia UANL*, 13(1): 72–77. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/402/40211897011.pdf>
- Matías-Ramos, M., Hidalgo-Moreno, C. I., Fuentes-Ponce, M., Delgadillo-Martínez, J., & Etchevers, J. D. (2023). Potencial de especies de leguminosas como mejoradoras de la fertilidad del suelo en regiones tropicales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(4), [páginas]. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i4.3152>
- Monárrez-González, J. C., Pérez-Verdín, G. López-González, C., Márquez-Linares, M.A., González-Elizondo, M.S. (2018). Effects of forest management on some ecosystem services in temperate forest ecosystems of Mexico. *Madera y Bosques*, 24(2). <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421569>
- Murray-Tortarolo G, Jaramillo V, y Larsen J. (2018). Food security and climate change: The case of rainfed maize production in Mexico. *Agricultural and Forest Meteorology*, 253 (254): 124–131. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.02.011>

- Netti, A. M., Abdelwahab, O. M. M., Datola, G., Ricci, G. F., Damiani, P., Oppio, A., & Gentile, F. (2024). Assessment of nature-based solutions for water resource management in agricultural environments: A stakeholders' perspective in Southern Italy. *Scientific Reports*, 14, 24668. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-76346-5>
- Pascual-Mendoza, S., Manzanero-Medina, G. I., Saynes-Vásquez, A., & Vásquez-Dávila, M. A. (2020). Agroforestry systems of a Zapotec community in the Northern Sierra of Oaxaca, Mexico. *Botanical Sciences*, 98(1): 128–144. <https://doi.org/10.17129/botsci.2423>.
- Pérez-Olmos, K. N., & Aguilar-Rivera, N. (2021). Agritourism and sustainable local development in Mexico: A systematic review. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 17180–17200. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01413-0>
- Ruiz-García, P., Conde-Álvarez, C., Gómez-Díaz, J.D., Monterroso-Rivas, A.I. (2021). Projections of local knowledge-based adaptation strategies of mexican coffee farmers. *Climate*. 9(4):1–17. <https://doi.org/10.3390/cli9040060>
- Ruiz-García, P., Monterroso-Rivas, A.I and Conde-Álvarez, A.C. (2025) Nature-based solutions in coffee agroecosystems in Mexico: evaluation for adoption. *Front. Sustain. Food Syst.* 9:1604520. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1604520>
- Ruiz-García, P., Monterroso-Rivas, A.I, Valdés-Velarde, E, Escamilla-Prado, E, Gómez-Díaz, J.D. (2022). Carbon stocks in coffee agroforestry systems in the face of climate change: case México. *Agron. Mesoam.* 33(3):48671. [doi:10.15517/am.v33i3.48671](https://doi.org/10.15517/am.v33i3.48671).
- Ruiz-García, P., Conde-Álvarez, C., Gómez-Díaz, J. D., & Monterroso-Rivas, A. I. (2021). Projections of local knowledge-based adaptation strategies of mexican coffee farmers. *Climate*, 9(4), 1–17. <https://doi.org/10.3390/cli9040060>
- Ruiz-García, P., Monterroso-Rivas, A. I., and Conde-Álvarez, A. C. (2025). Nature-Based Solutions Contribute to Improve the Adaptive Capacity of Coffee Farmers: Evidence from Mexico. *Agriculture*, 15(13), 1390. <https://doi.org/10.3390/agriculture15131390>.
- Ruiz-García, P., Monterroso-Rivas, A.I., Valdés-Velarde, E., Escamilla-Prado, E., Gómez-Díaz, J.D. (2022). Carbon stocks in coffee agroforestry systems in the face of climate change: case México, *Agron. Mesoam.* 33(3): 48671. <https://doi.org/10.15517/am.v33i3.48671>.
- Seddon, N., Smith, A., Smith, P., Key, I., Chausson, A., Girardin, C., House, J., & Srivastava, S. (2022). Harnessing the potential of nature-based solutions for climate change. *Science*, 376(6588), 1231–1236. <https://doi.org/10.1126/science.abn9668>
- SIAP. (2023). Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- SIAP. (2024). Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>

- Sims, NC, Newnham, G.J, Ingleter, J.R, Guerschman, J., Cox, S.J.D, Roxburgh, S.H, Viscarra Rossel, R.A, Fritz, S. y Wheeler, I. (2021). Guía de buenas prácticas. Indicador ODS 15.3.1, Proporción de tierra degradada sobre el área total de tierra. Versión 2.0. Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, Bonn, Alemania.
- Soto-Pinto, L., Colmenares, S.E., Kanter, M.B., Cruz, A.L., Lugo, E.E., Hernández, B.H., Jiménez-Soto, E. (2022). Contributions of Agroforestry Systems to Food Provisioning of Peasant Households: Conflicts and Synergies in Chiapas, Mexico. *Front. Sustain. Food Syst.* 5:756611. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.756611>.
- Srivastav, A.L., Patel, N., Rani, L. et al. (2024). Sustainable options for fertilizer management in agriculture to prevent water contamination: a review. *Environ Dev Sustain*, 26: 8303–8327. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03117-z>
- United Nations Environment Programme. (2022). Environment Assembly concludes with 14 resolutions to curb pollution, protect and restore nature worldwide, UNEA-5. <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/un-environment-assembly-concludes-14-resolutions-curb-pollution>. (29 septiembre, 2025).
- Valenzuela, W.M (2020). Crotalaria juncea: evaluación del efecto como abono verde sobre rendimiento y fertilidad del suelo en condiciones de campo en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. [https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/Gutiérrez-Ruvalcaba,I.\(2017\).Las terrazas agrícolas del Sauz Sabino, Hidalgo: 1850–2015. Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad, 38\(152\), 35–65. https://doi.org/10.24901/rehs.v38i152.354](https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/Gutiérrez-Ruvalcaba,I.(2017).Las%20terrazas%20agrícolas%20del%20Sauz%20Sabino,%20Hidalgo:%201850%E2%80%932015.%20Relaciones.%20Estudios%20de%20Historia%20y%20Sociedad,%2038(152),%2035%E2%80%9365.%20https://doi.org/10.24901/rehs.v38i152.354)
- Zapata-Hernández, I., Vázquez-Solís, H., Martínez-Aguilar, F. B., Aguilar-Jiménez, C. E., & Zamora-Natera, J. F. (2022). Biomass yield, soil cover and minerals accumulation by two green manures species grown in soils of Chiapas, Mexico. *Eurasian Journal of Soil Science*, 11(4), 329–336. <https://doi.org/10.18393/ejss.1135515>.
- Zepeda-Gómez, C. (2015). Evaluación del banco de semillas y su importancia en la conservación y manejo de agroecosistemas: estudio en la Ciénega de Chignahuapan, México. *Agroecología y Desarrollo Sustentable*, 22(4), 45–58.



Publicación electrónica elaborada por la
Dirección General de Investigación, Posgrado y Servicio (DGIPS) de la
Universidad Autónoma Chapingo, Carretera México-Texcoco, km 38.5,
Texcoco, Edo. de México, C.P. 56230.
Fecha de publicación en línea: abril de 2026

Enlace de descarga:
<https://sidicyt.chapingo.mx/repositorio/2026/guias-2026-001.pdf>

Soluciones basadas en la naturaleza para la adaptación al cambio climático, manual para agricultores

El manual explica cómo las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) pueden ayudar a productores agrícolas, ganaderos y forestales a enfrentar problemas como la degradación del suelo, la escasez de agua y los impactos del cambio climático. Presenta los principales retos del campo mexicano y describe cómo identificar afectaciones en la parcela mediante un diagnóstico sencillo. Las SbN se clasifican en seis grupos: manejo sostenible del suelo, gestión del agua, biodiversidad, restauración de ecosistemas, adaptación al clima y bienestar humano.

A lo largo del documento se ofrecen fichas prácticas con 12 SbN aplicables al sector agrícola, como barreras vivas, terrazas de infiltración, sistemas agroforestales, restauración con especies nativas, bancos de semillas y huertos familiares. Cada ficha explica qué problema atiende, qué beneficios genera, cómo implementarla y sus costos aproximados. También se incluye una metodología de cuatro pasos para seleccionar y aplicar las SbN, así como un caso de éxito en cultivo de café bajo sombra.

Finalmente, el manual destaca errores comunes al implementar SbN y ofrece recomendaciones para evitarlos, subrayando la importancia de planear, usar especies nativas y revisar resultados. Concluye que trabajar con la naturaleza mejora la producción, fortalece la resiliencia climática y contribuye al bienestar de las familias y comunidades rurales.

