



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias
Químicas e Ingeniería

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA PARA EL MANEJO
INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS AGRÍCOLAS
ORGÁNICOS EN EL ESTADO DE MORELOS”**

T E S I S

Para obtener el grado de

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL Y TECNOLOGÍAS
SUSTENTABLES**

P R E S E N T A:

ING. MARTHA PATRICIA HERRERA ROMÁN

DIRECCIÓN DE TESIS: DRA. MARIANA ROMERO AGUILAR

CO- DIRECCIÓN DE TESIS: DRA. MARIA DEL CARMEN TORRES SALAZAR

A mi familia, por ser mi raíz.
A Alexandro, por coincidir y compartir camino.
Y a la tierra de Morelos, por recordarnos que todo sistema puede regenerarse si lo
miramos con responsabilidad y cuidado

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a mi directora y a los integrantes de mi comité por su acompañamiento académico, sus observaciones críticas y su disposición para fortalecer este trabajo. Su orientación fue fundamental para consolidar esta investigación.

A la Universidad Autónoma del Estado de Morelos por brindarme el espacio formativo y las herramientas necesarias para el desarrollo de este proyecto. Asimismo, agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo otorgado durante mis estudios de maestría, el cual permitió dedicarme plenamente a esta investigación.

A las personas y actores locales que aportaron información y contexto para el desarrollo del estudio.

A mis seres queridos, por su apoyo, escucha y compañía en los momentos de mayor exigencia. Gracias por recordarme que también era importante respirar, reír y seguir.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	ANTECEDENTES	2
III.	PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA	6
IV.	JUSTIFICACIÓN	7
V.	OBJETIVOS	8
VI.	MARCO TEÓRICO.....	9
I.	AGRICULTURA	9
i.	Relevancia mundial.....	9
ii.	Panorama mexicano	10
iii.	Morelos, estado agrícola	11
iv.	Cadena productiva	12
II.	GENERACIÓN DE RESIDUOS AGRÍCOLAS Y APROVECHAMIENTO.....	13
i.	Residuos Sólidos Agrarios Orgánicos.....	13
ii.	Compostaje	14
III.	HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN	15
i.	Indicadores de sustentabilidad	15
ii.	Análisis del Ciclo de Vida.....	17
iii.	Relación entre las herramientas	17
IV.	HERRAMIENTAS DE GESTIÓN	18
i.	Plan de Manejo (PM).....	18
ii.	Sistema de Gestión Ambiental (SGA)	19
VII.	ESTATEGIA EXPERIMENTAL	21
VIII.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
IX.	DISEÑO EXPERIMENTAL	22

I.	GENERACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RSAO	22
i.	Análisis estadístico descriptivo.....	22
ii.	Determinación de residuos por Cultivo (C).....	22
iii.	Selección de Cultivos Significativos para Morelos (CSMOR)	23
iv.	Estimación de compostaje por cultivo	23
II.	DESARROLLO DE HE	24
i.	Indicadores de sustentabilidad.....	24
ii.	Análisis de Ciclo de Vida.....	25
III.	DESARROLLO DE HG.....	26
i.	Plan de Manejo	26
ii.	Sistema de Gestión Ambiental (SGA)	27
X.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
I.	GENERACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RSAO	28
i.	Análisis estadístico descriptivo.....	28
ii.	Determinación de residuos por Cultivo (C).....	30
iii.	Selección de Cultivos Significativos para Morelos (CSMOR)	32
iv.	Estimación de compostaje por cultivo	33
II.	DESARROLLO DE HE	34
i.	Indicadores de sustentabilidad.....	34
1.	Indicadores de presión	35
2.	Indicadores de estado.....	36
3.	Indicadores de respuesta	36
ii.	Análisis de Ciclo de Vida.....	36
1.	Definición del objetivo y alcance	36
2.	Análisis del inventario	37

3.	Evaluación del impacto.....	38
4.	Interpretación	39
III.	DESARROLLO DE HE	39
i.	Plan de Manejo (PM).....	39
ii.	Sistema de Gestión Ambiental (SGA)	41
XI.	CONCLUSIONES	43
XII.	PERSPECTIVAS	45
XIII.	REFERENCIAS.....	46
XIV.	ANEXOS	54
I.	ANEXO 1. ANÁLISIS DE CULTIVOS DEL ESTADO.....	54
II.	ANEXO 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA PARA DETERMINAR CG	57
III.	ANEXO 3. MATRIZ PARA ESTIMACIÓN CC DE LAS UP DE LAS CSMOR.....	60
IV.	ANEXO 4. METADATOS DE INDICADORES DE PRESIÓN	65
V.	ANEXO 5. METADATOS DE INDICADORES DE ESTADO	68
VI.	ANEXO 6. METADATOS DE INDICADORES DE RESPUESTA.....	69
VII.	ANEXO 7. PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO PARA JOJUTLA.....	70
VIII.	ANEXO 8. CONCEPTUALIZACIÓN DE SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA JOJUTLA.....	81

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Oportunidades frente amenazas para compostaje con residuos agrícolas de origen vegetal	3
Cuadro 2. Balance económico de una planta de compostaje	4
Cuadro 3. Evaluación de sustentabilidad de acuerdo con su enfoque.....	6
Cuadro 4. Características para validar indicadores	16
Cuadro 5. Límites del sistema de acuerdo con su enfoque	17
Cuadro 6. Diferencias entre PER y ACV	18
Cuadro 7. Componentes de un plan de manejo.....	19
Cuadro 8. Parámetros para desarrollo de indicadores	25
Cuadro 9. Análisis de unidades productivas de Morelos por municipio	30
Cuadro 10. Generación y coeficiente de generación de RSAO por cultivo	31
Cuadro 11. Índice de relevancia de los cultivos de Morelos	32
Cuadro 12. Matriz de estimación CC de los CSMOR	34
Cuadro 13. Indicadores de sustentabilidad	35

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Diagrama de propuesta de alternativa	7
Fig. 2. Distribución territorial de la agricultura del Estado de Morelos	11
Fig. 3. Diagrama del proceso agrícola	12
Fig. 4. Clasificación de Residuos Agrícolas Orgánicos	14
Fig. 5. Diagrama de procesos de la metodología experimental	21
Fig. 6. Diseño de matriz para estimación CC de CSMOR	24
Fig. 7. Perspectiva de Análisis de Ciclo de Vida sobre proceso agrícola	25
Fig. 8. Definición del sistema para evaluación de ACV	26
Fig. 9. Cultivos de Morelos de acuerdo con su fin de uso	29
Fig. 10. Unidades productivas significativas clasificadas por CSMOR	33
Fig. 11. Análisis de Ciclo de Vida de U1 sin reintegración	37
Fig. 12. Análisis de Ciclo de Vida de U1 con reintegración	38

LISTA DE ABREVIATURAS

ACV: Análisis de Ciclo de Vida

CA22: Censo Agropecuario 2022

cc: Coeficiente de Compostaje

CEDAIT: Centro de Desarrollo Agrobiotecnológico de Innovación e Integración Territorial

cg: coeficiente de generación de residuos por cultivo

cna: coeficiente no aprovechable por cultivo

cp: coeficiente de pérdidas por cultivo

CSMOR: Cultivos Significativos de Morelos

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (*Food and Agriculture Organization*)

FAOSTAT: Base de datos estadísticos de la FAO (*FAO Statistical Database*)

fc: Factor de Conversión por cultivo

FODA: Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas

GEI: Gases de Efecto Invernadero

gRSAO: Generación de Residuos Sólidos Agrícolas Orgánicos

HE: Herramientas de Evaluación

HG: Herramientas de Gestión

IDR: Indicador de Relevancia

IICA: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (*México*)

ISO: Organización Internacional de Normalización (*International Organization for Standardization*)

LAU: Licencia Ambiental Única

LGPGIR: Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

NOM: Norma Oficial Mexicana

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

PER: Presión-Estado-Respuesta

PIB: Producto Interno Bruto

pr: producción por cultivo

RFPGIR: Reglamento Federal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

RME: Residuos de Manejo Especial

RSAO: Residuos Sólidos Agrícolas Orgánicos

SADER: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (*México*)

SEMADET: Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (*México*)

SGA: Sistema de Gestión Ambiental

SIAP: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (*México*)

SIASEG: Sistema de Información Ambiental y de Seguridad

up: unidades productivas

USDA: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (*United States Department of Agriculture*)

vp: valor de producción

vte: volumen teórico de compostaje

Diseño de un sistema para el manejo integral de Residuos Sólidos Agrícolas Orgánicos (RSAO) en el Estado de Morelos

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura, es una actividad de suma importancia a nivel mundial, contribuyendo en 2022 al 4% del Producto Interno Bruto (PIB) mundial; no obstante, conlleva también desafíos, siendo uno de los más prominentes la gestión ineficiente de los subproductos sólidos generados durante la producción agrícola (Banco Mundial, 2023). Se estima que aproximadamente el 90% de la cosecha en peso se compone de subproductos, creando una problemática para el sector debido a la falta de una gestión adecuada (FAO, 2010).

Los subproductos orgánicos destacan si bien por su composición rica en nutrientes, también tienen un potencial impacto contaminante; más al ser en grandes volúmenes donde estos residuos no son capaces de degradarse al sobresaturar los suelos. Con procesos de degradación complejos y extensos, la descomposición natural de estos genera gases de efecto invernadero, contamina cuerpos de agua por lixiviación de nutrientes, acidifica el suelo, prolifera enfermedades y afecta ecosistemas; además, desencadena una serie de consecuencias negativas para el medio ambiente y la salud pública. Agregado a la legislación difusa en su clasificación, estos residuos representan un desafío significativo en términos de manejo; más al considerar su participación en el sector productivo industrial y agropecuario. La contaminación que generar estos residuos no solo es directa de recursos naturales, sino conlleva riesgos que impactan la salud de los habitantes de las zonas agrícolas y afectan la productividad de la cosecha, así como lo percibido de la actividad económica (Quezada, 2018).

Este trabajo de investigación propone abordar este desafío en el estado de Morelos, México, donde la agricultura desempeña un papel fundamental en la vida económica y social de la región. Morelos se destaca en la producción agrícola mexicana, donde el 7.9% de los empleados se dedican al sector primario, siendo casi el 80% de estos orientados al sector agrícola. En este estado se abarca desde el cultivo de caña de azúcar hasta la producción de aguacate y sorgo grano. Al ser la agricultura una actividad con tanto peso en la economía local, los Residuos Sólidos Agrícolas Orgánicos (RSAO) también presentan un problema, estimándose que en 2018 se produjeron 5.5 millones de toneladas de residuos orgánicos, siendo el 60% provenientes de la agricultura. La

quemado a cielo abierto es la práctica más común para el manejo de RSAO en Morelos. A pesar de su gran uso, esta práctica es altamente contaminante y genera emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos; por lo que no hay una gestión adecuada de los residuos al fomentar prácticas con alta huella de carbono (INEGI, 2022).

La agricultura no solo se traduce en cifras de producción y empleo, sino que actúa como el sustento vital de comunidades, influyendo en la seguridad alimentaria y el equilibrio ecológico. La implementación de indicadores sostenibles para los RSAO en Morelos permite evaluar a través del tiempo los mismos, con el objetivo de poder percibir beneficios sustanciales para la sostenibilidad del sector y del estado. El presente trabajo evalúa la generación actual de los residuos, fomentando el uso de herramientas para el monitoreo y manejo integral y sustentable. En conjunto, este proyecto busca replantear el manejo de los RSAO en Morelos, con un enfoque integral, innovador y sustentable.

II. ANTECEDENTES

El Informe sobre la Productividad Agrícola Mundial, indica que la producción agrícola debe aumentar 1.75 % cada año para satisfacer las necesidades de la población de 2050, que se calcula será de 9700 millones de habitantes, intensificándose directamente proporcional (IICA, 2016). La productividad del sector sí se ha visto aumentada, aun así, se estima que el 33% de los alimentos producidos en Estados Unidos nunca se consume (USDA, 2023). Enfrentado un reto en el que sólo el 10% de la cosecha agrícola mundial es aprovechable y lo demás se considera un subproducto no aprovechable, siendo que el incremento de productividad se traduciría como directamente proporcional a 90% de residuos (FAO, 2010).

En El Dorado (Meta, Colombia) para analizar los impactos generados por los residuos agrícolas, se identificaron los cultivos mediante un estudio explicativo, evaluando los factores ambientales afectados mediante una matriz de Leopold; se considera el estado actual para realizar el análisis, de forma que da a relucir deficiencias actuales. Se aborda también la problemática social al considerar los riesgos para la comunidad, pero el sector económico no se aborda en los beneficios previstos para los agricultores. Los residuos inertes, al carecer de una gestión institucional efectiva, se convierten en el principal emisor de contaminantes atmosféricos. La falta de capacitación y recolección de basura contribuye a prácticas nocivas, como el uso inadecuado de productos

químicos para el control de plagas, afectando la fertilidad del suelo y desplazando polinizadores. Además, se evidencia que el uso inadecuado de residuos de biomasa puede generar problemas de salud y contaminación. Se sugiere la implementación de prácticas de compostaje para maximizar los beneficios. En cuanto a la fertilización, se aboga por la preferencia de métodos orgánicos para preservar la estructura del suelo y optimizar la productividad (Castro et al., 2020).

El aprovechamiento de residuos agrarios para incorporarlos dentro de la misma cadena de producción es variado, diferentes autores desarrollan las ventajas de la reutilización de estos. Hay autores que han apostado por la composta como medio de aprovechamiento, demostrando una reducción teórica de 30% de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), en el caso del estiércol ganadero (Raya, 2023).

Por otra parte, para la producción de abono a partir de residuos orgánicos agrícolas se ha evaluado la idoneidad con un FODA mediante una matriz de comparación de oportunidades y amenazas, revelando una discrepancia de 0.14 entre Fortalezas y Amenazas para los residuos agrícolas de origen vegetal, donde las Fortalezas superan a las Amenazas (**Cuadro 1**) como se puede apreciar en la Figura 1. Estos hallazgos, a pesar de solo tener un enfoque teórico y de evaluación de viabilidad contribuyen a entender el potencial de los residuos agrícolas como materia prima para la producción de composta, destacando la necesidad de evaluar de manera integral las fortalezas y amenazas asociadas a su utilización en este contexto (Międażys et al., 2016).

CUADRO 1. OPORTUNIDADES FRENTE AMENAZAS PARA COMPOSTAJE CON RESIDUOS AGRÍCOLAS DE ORIGEN VEGETAL.

Áreas		Σ
<i>Oportunidades</i>	OP1	0.200
	OP2	0.150
	OP3	0.078
	Total	0.428
<i>Amenazas</i>	AM1	0.188
	AM2	0.096
	Total	0.28

Fuente: Międażys et al., 2016

El compostaje de los residuos orgánicos agrícolas también es económicamente viable. Si bien influyen aspectos como la elección del sistema elegido, la cantidad y tipo de material orgánico que se usa para compostar y la cantidad de compost que se usará en la propia finca y cantidad destinada para venta. Se estimó a partir de diversos diseños de sistemas de compostaje en Latinoamérica

costos y materiales promedio para aplicarlos a un sistema teórico. En el **Cuadro 2** se presenta un análisis realizado a un sistema donde se producen 10 toneladas de compost cada 6 meses, provenientes de 750 kg de cascarilla de arroz. Al despegar el análisis económico se demuestra que este se encuentra con un balance económico de \$457.2 dólares con la diferencia entre los costos e ingresos (FAO 2013).

CUADRO 2. BALANCE ECONÓMICO DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE

Detalle	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
<i>Costos</i>			
Recolección (jornal)	2	14	28
Transporte (jornal)	2	14	28
Control de parámetros	6	14	84
Pesaje y empacado (jornal)	0.5	14	7
Bolsas de polietileno	200	0.1	20
Cascarilla arroz (kg)	750	0.1	75
Pala	2	5.5	11
Carretilla	1	78.5	78.5
Construcción compostera (depreciación)	1	11.3	11.3
			342.8
<i>Ingresos</i>			
Compost (toneladas)	10	80	800
			800

Fuente: FAO, 2013

La implementación del compostaje como parte de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) parece ser un reto, pese a ello, este tipo de sistemas ya se han implementado a escala municipal o estatal. En Colombia desde 2010 se implementa la gestión ambiental en los estados con mayor peso en el sector agropecuario. En este se plasma como obligación del Estado dar seguimiento a esta gestión; esto se ha logrado a través del desarrollo de políticas públicas, un aumento en los planes de inversión para el sector agropecuario e incentivos económicos para la correcta gestión de los residuos por parte de los agricultores. A pesar de los avances, este sistema ha mostrado deficiencias al no estar dimensionado para la producción agrícola actual; si bien se busca dar inversión a este sector las discrepancias de costos reales contra los planeados; así como incapacidad del estado de gestionar todos los residuos del sector agrícola y solo siendo capaces de gestionar menos del 50% (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de la República de Colombia, 2012).

En 2015 se realizó un diagnóstico de los diversos sectores productivos del Estado de Jalisco y se evalúan modelos de gestión ambiental aplicados, buscando garantizar el cumplimiento de la

normativa ambiental a través del desarrollo de modelos de gestión ambiental. La agricultura es uno de los sectores productivos analizados, pese a ello, se vuelve problemático al abordar sus retos al ser considerado como sector productivo industrial y sector productivo agropecuario. Donde en un enfoque se aborda la problemática de los RSAO únicamente con su evaluación, mientras que en el otro se plantea un manejo integral que contempla solo hasta el diseño de un sistema de gestión. Pese al análisis de la problemática, los RSAO no son considerados como una amenaza; siendo contradictorio la importancia que se le da de acuerdo con el sector (SEMADET, 2015).

Como parte del sector industrial se destaca la industria tequilera, al ser Jalisco el mayor productor de este cultivo a nivel mundial con 157 tequileras. Respecto al sector industrial sólo se cuenta con una evaluación diagnóstica del estado actual, así como una sugerencia del sistema de gestión mediante la ISO 140001 de forma general para todo el sector industrial. Para la evaluación de la contaminación en materia de residuos se contempla un segmento específico para Residuos de Manejo Especial (RME), donde se puntualiza que, los residuos deberán ser entregados al servicio de manejo integral de residuos público o privado.

De acuerdo con el análisis de 50 Licencias Ambientales Únicas (LAU) expedidas por empresas tequileras se concluyó que los RME no son solo el segundo contaminante de mayor impacto para el sector; sino también se revela que los residuos orgánicos son los de mayor volumen para la generación de RME. De igual forma remarca este tipo de residuos es una problemática mayor en el estado ya que no se cuenta con un sistema de recolección, transporte y disposición final de residuos que sea óptimo para la gran generación de estos.

El Plan de Acción desarrollado en el mismo documento resalta como problemática la mejora de la gestión de residuos del sector tequilero; y sugiere como estrategia elaborar e implementar un plan de manejo estatal enfocado la recolección masiva de los residuos tequileros, no obstante, no se ha concretado ninguna acción al respecto.

Por otra parte, en la aproximación como sector agropecuario, tiene un enfoque integral al no solo evaluar el estado actual sino a través de este diseñar herramientas de evaluación mediante la metodología Presión- Estado- Respuesta para un modelo de SGA. Por otro lado, no se considera a los RSAO como parte del impacto ambiental del sector, este se centra en otros aspectos como uso de agua, pesticidas e incluso emisiones del sector (SEMADET, 2015).

Se resumen las aproximaciones al manejo de RSAO encontradas en la literatura, así como su enfoque de análisis o diseño, así como sus sub-enfoques, evaluando su desempeño de acuerdo con los 3 ejes de la sustentabilidad, siendo estos el eje ambiental, social y económico (**Cuadro 3**).

CUADRO 3. EVALUACIÓN DE SUSTENTABILIDAD DE ACUERDO CON SU ENFOQUE

	Enfoque	Económico	Ambiental	Social
<i>Análisis</i>	Viabilidad	Análisis FODA para evaluar la idoneidad de residuos agrícolas vegetales, con resultados positivos (Międażys et al., 2016).		
	Aprovechamiento	El compostaje de RSAO demuestra ganancias en un sistema de producción de 10 toneladas de compost cada 6 meses (FAO, 2013).		
	Edo. Actual	-	La falta de gestión efectiva de residuos agrícolas afecta la fertilidad del suelo (Castro et al., 2020). Metodología PER para creación de indicadores, de acuerdo con el Estado Actual del sector Agropecuario (sin contar RSAO) para el diseño de un Modelo de Gestión Ambiental (SEMADET, 2015)	
<i>Diseño de herramientas</i>	Evaluación	-	Agropecuario (sin contar RSAO) para el diseño de un Modelo de Gestión Ambiental (SEMADET, 2015)	
	SGA	Colombia presenta un modelo de gestión de residuos agrícolas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de la Rep. de Colombia, 2012).		-

Fuente: Elaboración propia

III. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

La generación de RSAO plantea una serie de problemáticas que requieren una atención integral y sustentable. En primer lugar, la falta de un tratamiento eficiente conlleva a la acumulación de estos residuos, lo que puede provocar contaminación del suelo, del agua y del aire. Esta situación afecta tanto al medio ambiente como a la salud de las comunidades cercanas a las zonas agrícolas, incrementando el riesgo de enfermedades y deteriorando la calidad de vida de los habitantes. Para el aprovechamiento óptimo e integral de los recursos es necesario considerar el análisis del estado actual para que permita el diseño de herramientas de evaluación que permitan la gestión eficiente de los residuos, así como su manejo.

Se han presentado diversas aproximaciones a los RSAO, desde el aprovechamiento hasta el diseño de sistemas que buscan una correcta gestión; sin embargo, la problemática radica en la falta de un manejo integral de los RSAO. El enfoque integral contempla la estimación de la generación con base en el estado actual; permitiendo no solo que las propuestas diseñadas sean viables para el tratamiento a proponer, sino para que las estrategias de gestión no sean deficientes y se estimen de acuerdo con la evaluación de los RSAO. Por otro lado, a pesar de existir propuestas de sistemas

de gestión de forma estatal en otros estados de la república no contemplan los residuos sólidos generados como parte de los contaminantes del sector agropecuario, a pesar de reconocer este como un problema al evaluarse como parte de la industria.

En lo que respecta al Estado de Morelos la agricultura es la principal actividad económica, en esta, se reporta los residuos sólidos orgánicos son un desafío al constituir gran parte de la producción. Es entonces que la necesidad de una alternativa de gestión que considere el estado actual para el aprovechamiento, así como el desarrollo de herramientas de evaluación y gestión se vuelve vital para el correcto manejo de los RSAO. Se plantea como una alternativa de manejo integral de los RSAO una propuesta que contemple no solo todos los ejes de la sustentabilidad sino los diferentes enfoques, ilustrando su perspectiva a través de la **Figura 1**.

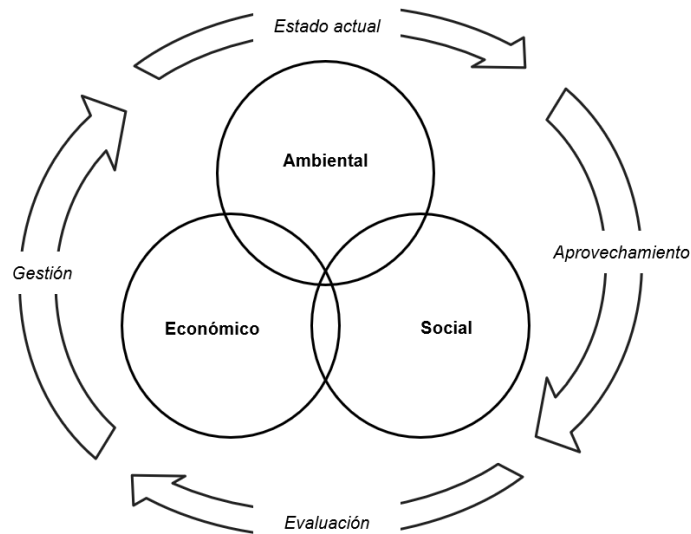


Fig. 1. Diagrama de propuesta de alternativa
Fuente: Elaboración propia

IV. JUSTIFICACIÓN

La propuesta desarrollada busca una aproximación analítica y de diseño que contemple todos los ejes de la sustentabilidad. Se pretende ampliar las aproximaciones que han mostrado diversos autores al considerar ambos enfoques, comprendiendo la gestión de RSAO de forma integral. A diferencia de sistemas de gestión desarrollados antes para el sector agrícola, este estudio contempla el manejo de los residuos sólidos orgánicos como su eje principal. Se plantea un enfoque integral e innovador sobre el manejo actual de los residuos en Morelos.

La metodología Design Thinking establece que para clasificar un proyecto como innovador tiene que contar con 3 características, viabilidad económica, factibilidad tecnológica y capacidad de satisfacer un deseo o necesidad (Brown, 2008). Esta investigación aborda más de una necesidad, por una parte, la gestión integral de los RSAO y el reaprovechamiento se involucra con los productores; mientras que las organizaciones agrícolas buscan herramientas de evaluación y medición de la sustentabilidad, así como el cumplimiento del marco legal por parte de autoridades gubernamentales. La factibilidad tecnológica se respalda desde el análisis estadístico de los datos hasta la evaluación a través de herramientas de cuantificación; de igual forma la estandarización aporta un carácter de factibilidad al ser escalable. La aproximación económica está presente en el desarrollo de los indicadores que contempla esta dimensión; reforzando no solo la viabilidad económica sino sus beneficios.

V. OBJETIVOS

General

Diseñar una propuesta de manejo integral de los RSAO en el Estado de Morelos, con base en el análisis de la situación actual y desarrollo de herramientas de gestión.

Específicos

1. Estimar la generación de RSAO para los cultivos del Estado de Morelos.
2. Seleccionar los cultivos más significativos para evaluar la producción de compostaje.
3. Diseñar indicadores de sustentabilidad para evaluar la eficacia del manejo integral de residuos orgánicos con base en el ACV.
4. Conceptualizar herramientas de gestión para el manejo integral de RSAO a través de un Plan de Manejo y un Sistema de Gestión Ambiental.

VI. MARCO TEÓRICO

I. AGRICULTURA

i. Relevancia mundial

La importancia de la agricultura radica desde los principios del hombre, siendo una de las actividades económicas que más tiempo ha perdurado y que se prevé un aumento conforme al crecimiento poblacional. Desde una perspectiva general, se presenta la agricultura, no solo como actividad transformadora de ecosistemas naturales en agroecosistemas, sino que juega un papel fundamental en la economía mundial e incluso de forma cultural o religiosa (Sarandón, 2020).

A nivel global, su relevancia económica no solo radica en su representación de 4% en el PIB mundial, sino que indica ser entre dos y cuatro veces más efectiva que otros sectores para elevar los ingresos de los que menores recursos tienen. De esta forma se visualiza como un motor clave para combatir la pobreza extrema y fomentar la prosperidad compartida; a través de sistemas alimentarios sólidos, sostenibles e inclusivos es posible alcanzar los objetivos de desarrollo mundial (Banco Mundial, 2023). Desde la perspectiva ambiental, la agricultura ofrece servicios ambientales cruciales para el equilibrio ecológico. La FAO destaca la capacidad de la agricultura para mitigar el cambio climático y conservar la biodiversidad, resaltando la necesidad de cambios en la gestión de agroecosistemas para potenciar estos servicios (FAO,2010).

La agricultura, si bien aporta beneficios significativos, no está exenta de desafíos y riesgos, desde la vulnerabilidad económica hasta las amenazas ambientales y sociales. Las actividades agropecuarias afectan los ciclos de nutrientes, el uso de energía, la liberación de genes y moléculas, el ciclo y la calidad del agua, y contribuyen al cambio climático global.

El aumento de los impactos climáticos podría disminuir los rendimientos de los cultivos; contradictoriamente la agricultura y los sistemas alimentarios son responsables del 30% de las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que resalta la necesidad de abordar este aspecto para garantizar la sostenibilidad ambiental. De igual forma se impacta la seguridad alimentaria, ya que alrededor de un tercio de los alimentos producidos en el mundo se pierden o se desperdician. Esta pérdida tiene implicaciones directas en la seguridad alimentaria y nutricional global, subrayando la necesidad de abordar este problema para evitar la escasez y promover un sistema alimentario más eficiente (Sarandón, 2020).

ii. Panorama mexicano

El Censo Agropecuario (CA) es una iniciativa del INEGI que busca recopilar datos estadísticos sobre la situación y características de la actividad agropecuaria en México. Se realiza de manera periódica para obtener información actualizada y precisa que permita comprender la dinámica de la agricultura y otras actividades relacionadas. La recopilación de datos correspondientes al sector se realiza de forma nacional, estatal y municipal, desglosando la información por unidad productiva y proporcionando el nombre del cultivo, ciclo productivo, modalidad, superficie cultivada y cosechada, producción, rendimiento, entre otros. La agricultura es un componente esencial, delineando un panorama complejo que abarca desde desafíos socioeconómicos hasta impactos ambientales; la recopilación y análisis de estos datos son esenciales para la toma de decisiones, la formulación de políticas públicas y el diseño de estrategias que promuevan la sostenibilidad y el desarrollo de la agricultura en el país.

De acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) México se posiciona como el 12° productor de alimentos y el 11° en producción de cultivos agrícolas globalmente. (SADER, 2018). El sector agropecuario emplea directa o indirectamente a casi el 20% de los hogares mexicanos y alimenta a 126 millones de mexicanos (INEGI, 2022). Se subraya la importancia económica de la agricultura al ser el subsector con mayores posibilidades de obtener recursos económicos y contribuir significativamente a la seguridad alimentaria para todos. La agricultura desempeña un papel vital en la gestión eficiente del agua y la conservación de la biodiversidad; además se presenta como una actividad que va más allá de la mera producción de alimentos, ya que contribuye a mantener tradiciones culturales y gastronómicas (SADER, 2018).

A pesar de la contribución significativa al empleo y la, persisten desafíos socioeconómicos, como la pobreza en áreas rurales que afecta a la mitad de la población rural y requiere programas de apoyo (INEGI, 2022). Por otra parte, la gestión de los residuos generados por la actividad agrícola presenta un reto particular en México; donde la quema de los residuos es empleada para eliminar los residuos, al no tener instituciones que manejen residuos orgánicos a gran escala o sistemas locales de gestión (SADER, 2018).

iii. Morelos, estado agrícola

Puntualmente en Morelos, la agricultura no solo juega un papel como la principal actividad económica, sino que históricamente desempeña un rol fundamental en la identidad del estado. Tras la caída de Tenochtitlán y la llegada de Hernán Cortés, se inició el cultivo de la caña de azúcar en lo que hoy es Morelos. Simultáneamente, en Atlacomulco, Estado de México, se implementó la maquinaria para producir azúcar por primera vez. El cultivo se expandió rápidamente, posicionando a la región como el primer centro azucarero del continente. La introducción de cultivos como la caña de azúcar marcó el inicio de la agricultura convencional y el surgimiento de las haciendas como unidades económicas dominantes. Con el tiempo, fue desplazada por la producción en las grandes haciendas y, posteriormente, en los ingenios azucareros, perpetuando las condiciones de abuso y explotación de los campesinos (Sales, 2023).

El CA22 para el estado de Morelos dio cobertura 172, 000,771 hectáreas de uso agrícola; la **Figura 2** ilustra la distribución territorial que se determinó. Se destaca que la mayor parte de cultivos corresponden a maíz grano, sorgo grano, caña de azúcar y nopales. El registro muestra que el municipio de Ayala es el que mayor abarca superficie sembrada del estado abarca con un 10%, seguido de y Yecapixtla; de igual forma se menciona del municipio de Tlalnepantla como primer lugar nacional en la producción de nopales (SIAP, 2023). El estado de Morelos cuenta con dos millones 65 mil 14 habitantes, de los cuales 7.9% se dedica al sector primarios y casi el 80% de estos orientados al sector agrícola. Es decir, en Morelos trabajan el sector primario alrededor de 65 mil 499 personas, de los cuales el 92% son hombres y el 8% mujeres (INEGI, 2022).

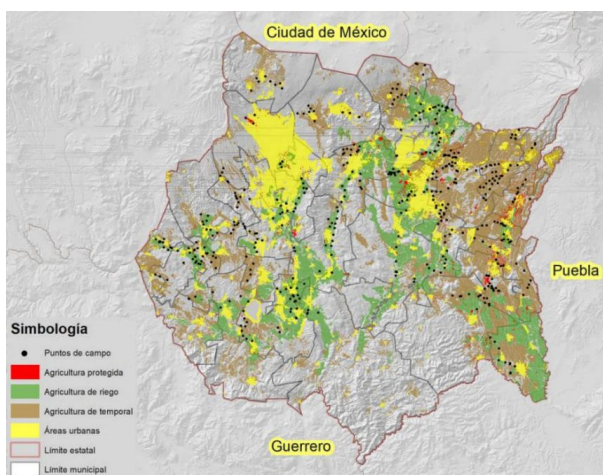


Fig. 2. Distribución territorial de la agricultura del Estado de Morelos
Fuente: SIAP, 2023

El INEGI reportó los problemas más comunes que percibió el sector agropecuario, y que afectaron la producción y productividad de las unidades. El 94.5 % revela altos costos de insumos, 55.9% disminución de ventas a causa de la pandemia del COVID-19, 44.4% factores climáticos, 32.2% por inseguridad, 26% por factores biológicos y 20.6% por pérdida de fertilidad del suelo (Gobierno de Morelos, 2023). La desigualdad es la causa de la mayoría de estos problemas; que se profundiza con la distribución desigual del crédito agrícola, favoreciendo a grandes explotaciones, sobre ejidos y pequeños propietarios. Esta situación ha generado un desarrollo dual, con un sector privilegiado y otro excluido y empobrecido. Por otra parte, se excluyen a numerosas unidades productivas y regiones consideradas de "bajo potencial de desarrollo", que se ven en la necesidad del uso excesivo de agroquímicos, o cultivos no legales para tener un ingreso (Sales,2023).

iv. Cadena productiva

El proceso productivo agrícola comprende varias etapas, que pueden variar dependiendo del tipo de cultivo y las prácticas agrícolas específicas. De manera general, el proceso incluye las fases ilustradas en la **Figura 3**, así como los subprocesos que involucra cada una de ellas, las entradas de insumos y los residuos que genera cada proceso (Kuethe, 2018).

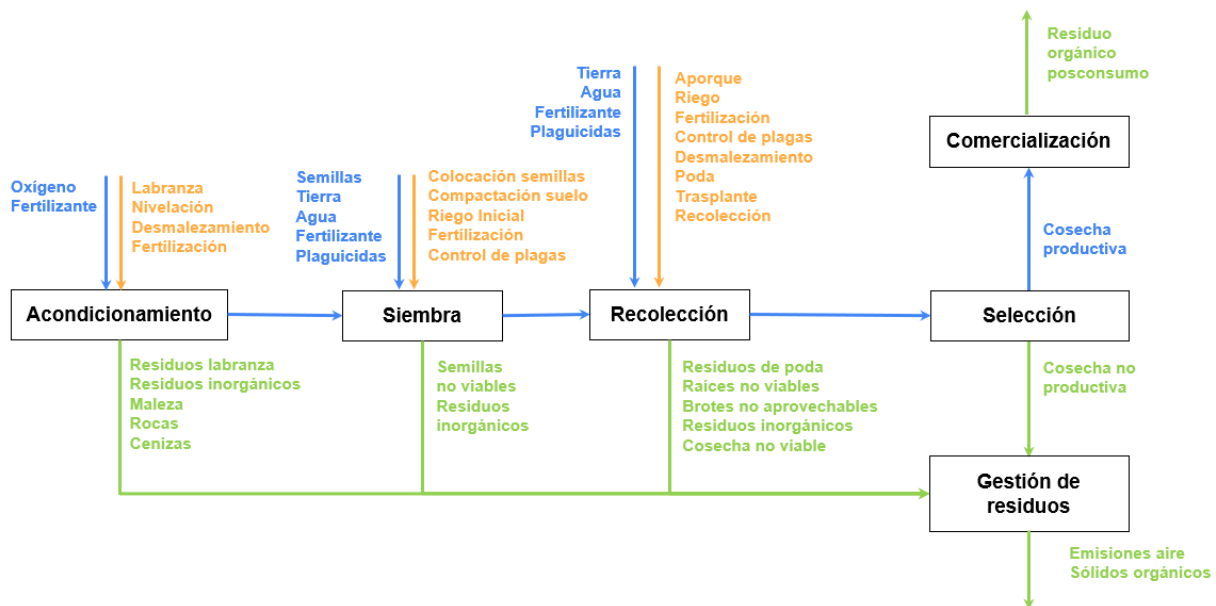


Fig. 3. Diagrama del proceso agrícola
Fuente: Elaboración propia

Se comienza con el acondicionamiento del suelo, la labran y nivelación del suelo quita rocas o residuos inorgánicos en el sitio para que se oxigene; el desmalezamiento quita los residuos

orgánicos secos de modo manual o mediante la quema, por último, el suelo se fertiliza previamente a la siembra (Gaudin, 2020). Se procede a la siembra, la cual empieza por la colocación de semillas viables, y descarte de las no viables, en el suelo para compactarlo y regarlo de forma inicial; durante este proceso se emplea fertilizante y plaguicidas para su cuidado antes del trasplante. Para trasplantar se considera es necesario el aporque y el riego; para continuar el cuidado de la cosecha se sigue con el control de plagas, desmalezamiento, poda y fertilización. En la cosecha se considera la recolección de la cosecha viable y se descarta la que no es viable; la viabilidad recae en si el cultivo cumple con los criterios de calidad para continuar al siguiente paso de la cadena (CEDAIT, 2021). Se procede a seleccionar la cosecha no productiva y la productiva; la productividad depende del cultivo, dado a que la parte productiva de la cosecha depende de la parte que se considera aprovechable. La cosecha productiva se distribuye para su consumo, por otra parte, la cosecha no productiva se considera residuos y su gestión se da por quema en la mayoría de los casos o descargas a cuerpos de agua cercanos (Gaudin, 2020).

II. GENERACIÓN DE RESIDUOS AGRÍCOLAS Y APROVECHAMIENTO

i. Residuos Sólidos Agrarios Orgánicos (RSAO)

Los residuos de la agricultura son materiales orgánicos o inorgánicos que quedan como subproductos de las actividades agrícolas. Estos residuos pueden surgir en varias etapas del proceso agrícola, desde la preparación del suelo hasta la cosecha y el procesamiento de los cultivos. La gestión adecuada de estos residuos es crucial para minimizar su impacto ambiental y maximizar su valor potencial como recursos.

En términos de clasificación, los residuos agrícolas se pueden categorizar en dos grandes grupos los inorgánicos y los orgánicos, como se muestra en la **Figura 4**. Los primeros se caracterizan por su composición no biodegradable y su origen mineral. Entre ellos se encuentran materiales como plásticos agrícolas, envases de productos químicos, restos de plástico, vidrio y metal. Por otra parte, los RSAO son aquellos de naturaleza biodegradable.

Estos comprenden una amplia gama de materiales, desde restos de cultivos como tallos, hojas y paja, hasta la cosecha no viable o productiva; es importante resaltar que al considerar exclusivamente la actividad agrícola se descartan subproductos animales como estiércol y

desechos de alimentos para ganado. Estos residuos poseen la capacidad de descomponerse con la ayuda de microorganismos, generando nutrientes esenciales para el suelo y las plantas. Su gestión apropiada implica prácticas como el compostaje y la fermentación, promoviendo su transformación en valiosos fertilizantes orgánicos o fuentes de energía renovable a través de tecnologías de bioenergía.



Fig. 4. Clasificación de Residuos Agrícolas Orgánicos
Fuente: Elaboración propia

ii. Compostaje

El compostaje es un proceso biológico natural en el que los microorganismos descomponen materiales orgánicos, como restos de alimentos, residuos de jardín y estiércol, en un producto llamado compost. Este proceso se divide en varias etapas, cada una de las cuales involucra diferentes microorganismos y reacciones bioquímicas (Bohórquez, 2019).

La primera etapa es la fase mesofílica, donde los microorganismos termofílicos y mesofílicos comienzan a descomponer los materiales orgánicos, comenzando la hidrólisis. Comienza por la hidrólisis, que divide las moléculas de agua en sus componentes, hidrógeno y oxígeno, que luego se incorporan a las moléculas orgánicas para romperlas en compuestos más simples y pasen a la fermentación. Entonces los productos de la hidrólisis son metabolizados por microorganismos específicos, como las bacterias ácido-lácticas, produciendo ácidos orgánicos y otros compuestos. Esta acidificación del medio ayuda a inhibir el crecimiento de microorganismos no deseados y a estabilizar el pH del producto final. Por otra parte, la respiración aeróbica de los microorganismos usa el oxígeno disponible en el montón de compost para oxidar los compuestos orgánicos y obtener energía para su metabolismo a medida que los microorganismos comienzan a descomponer los

materiales orgánicos, se libera calor de las reacciones metabólicas, alcanzando entre 40°C y 50°C. Este aumento de temperatura es un indicador de actividad microbiana y es crucial para acelerar el proceso de compostaje (Bárbaro, 2022).

Durante la fase termofílica del compostaje, se produce un aumento significativo de la temperatura en el montón de compost, alcanzando valores que pueden superar los 60-70°C. En esta fase, se intensifica la actividad microbiana, principalmente de bacterias termófilas, que son capaces de prosperar en ambientes de alta temperatura. Estos microorganismos descomponen los compuestos orgánicos de manera más eficiente y compleja; se vuelven dominantes en el proceso lo que resulta en una rápida descomposición de la materia orgánica y una mayor liberación de calor. Durante este período, se produce una mayor mineralización de la materia orgánica, lo que resulta en la formación de compost con un alto contenido de humus, que es beneficioso para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes a las plantas (Bárbaro, 2022).

Finalmente, en la etapa de maduración, la temperatura del montón de compost comienza a disminuir a medida que los microorganismos completan la descomposición de los materiales orgánicos. Se producen compuestos estables y maduros, conocidos como compost, que se caracterizan por su aspecto oscuro, olor a tierra y textura similar al humus. El compost maduro es rico en nutrientes y materia orgánica y se puede utilizar como enmienda del suelo para mejorar su estructura, fertilidad y capacidad de retención de agua (Bárbaro, 2022).

El compostaje es una forma sostenible de gestionar los residuos orgánicos, ya que reduce la cantidad de desechos que van a parar a los vertederos y produce un producto útil y beneficioso para el suelo y las plantas. Además, ayuda a cerrar el ciclo de nutrientes al devolver los nutrientes a la tierra en forma de compost, promoviendo así la salud del suelo y reduciendo la necesidad de fertilizantes químicos (Bohórquez, 2019).

III. HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN

i. Indicadores de sustentabilidad

Los indicadores son características específicas, observables y medibles que son utilizadas para mostrar cambios y progresos que está llevando a cabo un programa para obtener un resultado los

cuales necesitan representar la relación entre dos o más variables; en el **Cuadro 4** se detalla las características con las que tiene que cumplir un indicador para que sea válido (CONEVAL, 2013).

CUADRO 4. CARACTERÍSTICAS PARA VALIDAR INDICADORES

Característica	Descripción
<i>Confiabilidad</i>	Consistentemente medible a lo largo del tiempo, de la misma forma, por diferentes observadores
<i>Precisión</i>	Definido en términos operacionalmente claros
<i>Oportuno</i>	Aporta una medida a intervalos relevantes y apropiados en términos de las metas y actividades del programa
<i>Medible</i>	Cuantificable usando las herramientas y métodos disponibles

Fuente: CONEVAL, 2013

La metodología PER (Presión, Estado, Respuesta) se desarrolló en 1970 por Anthony Friend y ha sido adoptado por la OCDE para el reporte de estado del Medio Ambiente. Es un enfoque utilizado para la creación de indicadores de sustentabilidad en diversos ámbitos, incluyendo el ambiental y el social. Este enfoque se basa en tres componentes principales:

1. **Presión:** Se refiere a las actividades humanas que ejercen presión sobre el medio ambiente o la sociedad. Esto puede incluir la emisión de contaminantes, la extracción de recursos naturales, el consumo de energía, entre otros.
2. **Estado:** Representa el estado actual del medio ambiente o la sociedad en respuesta a estas presiones. Esto implica evaluar la calidad del aire, del agua, del suelo, la biodiversidad, así como indicadores sociales como el acceso a la educación, la salud, el empleo, entre otros.
3. **Respuesta:** Son las acciones o medidas tomadas en respuesta a las presiones identificadas y al estado actual. Estas respuestas pueden ser políticas, regulaciones, programas de conservación, programas de educación ambiental, entre otros. Su objetivo es mitigar las presiones y mejorar el estado del medio ambiente o de la sociedad.

La metodología PER se utiliza para identificar indicadores relevantes en cada uno de estos componentes y establecer relaciones entre ellos. Esto permite comprender mejor las interacciones entre las actividades humanas, el estado del medio ambiente o la sociedad, y las respuestas implementadas para abordar los problemas identificados. En la creación de indicadores utilizando la metodología PER, es importante seleccionar medidas cuantificables y representativas de cada componente y establecer vínculos claros entre ellos para evaluar la efectividad de las respuestas implementadas (SIASEG, 2021).

ii. Análisis del Ciclo de Vida

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una metodología estandarizada internacionalmente mediante la Organización Internacional de Normalización (ISO), específicamente refiriéndose a la ISO 14040:2006. Esta permite identificar, cuantificar y evaluar los impactos ambientales potenciales asociados con un producto, proceso o actividad, desde una perspectiva sistémica e integral. Considera las etapas de extracción de materias primas, transformación, uso, y disposición final, incluyendo insumos, emisiones, consumo de energía y residuos generados. Es una herramienta clave para transitar hacia la economía circular, ya que permite evaluar escenarios alternativos, detectar puntos críticos e implementar estrategias sostenibles con base científica (Tóth, 2017).

Las etapas del ACV comprenden: (1) Definición del objetivo y alcance, donde se determinan la unidad funcional y los límites del sistema; (2) Análisis del inventario, que identifica los flujos de entrada y salida; (3) Evaluación del impacto, que traduce estos flujos en categorías de impacto ambiental; y (4) Interpretación, donde se analizan los resultados para la toma de decisiones. Según el tipo de enfoque, los límites del sistema pueden variar, como se muestra en el **Cuadro 5** (MacArthur, 2017).

CUADRO 5. LÍMITES DEL SISTEMA DE ACUERDO CON SU ENFOQUE

Enfoque	Límite del sistema
<i>Tumba a la cuna</i>	Todas las etapas del ciclo de vida de un producto, desde la extracción de materias primas (cuna) hasta su disposición final (tumba).
<i>Puerta a puerta</i>	Se considera solo una etapa (puerta) específica del ciclo de vida de un producto, sin considerar las etapas posteriores del ciclo de vida.
<i>Cuna a la puerta</i>	Se centra en las etapas iniciales del ciclo de vida de un producto, desde la extracción de materias primas hasta la salida de fabricación
<i>Puerta a la tumba</i>	Considera todas las etapas del ciclo de vida del producto, desde que sale de la instalación de fabricación hasta su disposición final.

Fuente: MacArthur, 2017

iii. Relación entre las herramientas

El ACV y el desarrollo de indicadores están estrechamente relacionados en el ámbito de la sostenibilidad y la evaluación ambiental. Ambos modelos se complementan y pueden utilizarse de manera conjunta para obtener una comprensión más completa del impacto. Los resultados del ACV

pueden alimentar el modelo PER, proporcionando datos cuantitativos sobre las presiones ambientales generadas por un sistema. A su vez, el PER puede ayudar a definir el alcance del ACV, identificando los aspectos ambientales más críticos a evaluar.

A pesar de estar relacionados, se diferencian mucho el uno del otro y se tienen que considerar complementarios, mas no iguales. El ACV proporciona información detallada sobre los impactos ambientales en cada etapa del ciclo de vida, mientras que los indicadores, son herramientas que permiten resumir, comunicar y comparar estos impactos. Específicamente el ACV y el modelo PER para desarrollo de indicadores se diferencian en su alcance, enfoque y metodología, a través del **Cuadro 6** se muestra a manera de cuadro comparativo las diferencias entre ambas.

CUADRO 6. DIFERENCIAS ENTRE PER Y ACV

Característica	PER	ACV
<i>Alcance</i>	Amplio, diferentes ejes de evaluación	Específico, enfocado en un sistema
<i>Enfoque</i>	Cualitativo y cuantitativo	Cuantitativo
<i>Metodología</i>	Flexible y adaptable a diferentes metodologías	Estandarizada por normas internacionales

Fuente: Elaboración propia

IV. HERRAMIENTAS DE GESTIÓN

i. Plan de Manejo (PM)

Un Plan de Manejo es un instrumento de planificación y gestión que establece las acciones y estrategias necesarias para conservar y utilizar de manera sostenible un área natural o un recurso específico. El objetivo principal de un Plan de Manejo es garantizar la protección del medio ambiente y la salud pública mediante el manejo responsable de los RME, minimizando su impacto negativo y promoviendo prácticas sostenibles. Este plan funciona como una hoja de ruta integral que define las estrategias, acciones y responsabilidades para el manejo adecuado de los RME, desde su generación hasta su disposición final.

Dentro del marco legal mexicano se establecen diferentes leyes y legislaciones que se relacionan con los planes de manejo. Una de ellas es la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) que constituye la base legal fundamental para la gestión integral de residuos en México, donde se establece el marco general para el manejo de todo tipo de residuos. Por otra parte, el Reglamento Federal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (RFPGIR)

establece los requisitos específicos para la prevención y gestión de residuos en México. La que más destaca en Planes de Manejo es la Norma Oficial Mexicana (NOM) 161-SEMARNAT-2011, "Clasificación y código de identificación de residuos de manejo especial", establece los criterios para clasificar los residuos de manejo especial y para determinar cuáles de ellos están sujetos a la elaboración e implementación de un Plan de Manejo, así como sus requisitos. La Norma considera que residuos de igual o más de 10 toneladas anuales son denominados Residuos de Manejo Especial (RME), dentro de esta clasificación es obligatorio el uso de un Plan de Manejo si el residuo tiene alto valor económico para el generador o un tercero (SEMARNAT, 2011). Los elementos necesarios del Plan de Manejo, de acuerdo con la normativa, se ilustran en el **Cuadro 7**.

CUADRO 7. COMPONENTES DE UN PLAN DE MANEJO

Elementos	Subelementos
<i>1. Información general</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Nombre, denominación o razón social del solicitante 2. Nombre del representante legal 3. Domicilio para oír y recibir notificaciones 4. Modalidad del Plan de Manejo y su ámbito de aplicación territorial 5. Residuo(s) objeto del plan
<i>2. Diagnóstico del residuo</i>	Para los Residuos de Manejo Especial generados en la actividad productiva, el diagnóstico deberá contener únicamente la cantidad de residuos generados expresado en toneladas por día o kilogramos por día
<i>3. Formas de manejo integral propuestas para el residuo</i>	
<i>4. Metas de cobertura del plan, de recuperación o aprovechamiento del residuo, durante la aplicación del Plan de Manejo</i>	
<i>5. Descripción del destino final del residuo sea nacional o internacional</i>	
<i>6. Mecanismos de operación, control y monitoreo para el seguimiento del plan, así como los mecanismos de evaluación y mejora del plan de manejo</i>	
<i>7. Especificar los participantes del plan y su actividad*</i>	
<i>8. Indicar los mecanismos de difusión y comunicación a la sociedad*</i>	

* De ser aplicable

Fuente: SEMARNAT, 2011

ii. Sistema de Gestión Ambiental (SGA)

Un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) es un conjunto de procesos, políticas, procedimientos y prácticas organizativas que una entidad implementa para gestionar y mejorar su desempeño ambiental de manera sistemática y efectiva. El objetivo principal de un SGA es ayudar a una organización a identificar, controlar y reducir el impacto ambiental de sus actividades, productos

o servicios; están diseñados para ser flexibles y adaptarse a la naturaleza y escala de la organización (Campos et al., 2013).

La Norma ISO 14001 es un estándar internacional que establece requisitos para un SGA. Su objetivo principal es proporcionar un marco eficaz para que las organizaciones gestionen sus impactos ambientales y mejoren continuamente su desempeño ambiental. No establece requisitos específicos de desempeño ambiental, sino que proporciona un marco para que las organizaciones implementen un SGA efectivo. La norma se basa en un ciclo de mejora continua (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) y requiere que las organizaciones tomen las siguientes medidas (ISO, 2015):

- Establecer una política ambiental: La organización debe definir una política ambiental que declare su compromiso con la protección del medio ambiente y el cumplimiento de la legislación ambiental.
- Planificar e identificar aspectos e impactos ambientales: La organización debe identificar los aspectos ambientales de sus actividades, productos y servicios, y evaluar los impactos ambientales potenciales asociados a estos aspectos.
- Implementar controles para abordar los riesgos ambientales: La organización debe implementar controles adecuados para prevenir o mitigar los impactos ambientales identificados.
- Monitorear y medir el desempeño ambiental: La organización debe establecer un sistema de monitoreo y medición para evaluar su desempeño ambiental y el cumplimiento de sus objetivos ambientales.
- Garantizar la competencia, capacitación y sensibilización: La organización debe garantizar que su personal tenga la competencia, capacitación y sensibilización necesarias para desempeñar sus funciones de manera efectiva en relación con el SGA.
- Comunicación: La organización debe establecer canales de comunicación efectivos para la comunicación interna y externa relacionada con el SGA.
- Documentación: La organización debe documentar su SGA, incluyendo su política ambiental, objetivos ambientales, procedimientos e instrucciones de trabajo.
- Control de productos y servicios no conformes: La organización debe establecer un procedimiento para identificar, controlar y corregir productos y servicios no conformes con los requisitos ambientales.

VII. ESTRATEGIA EXPERIMENTAL

Mediante la **Figura 5** se la metodología a seguir durante esta investigación. En el capítulo VIII, se detalla de forma más amplia el procedimiento a desarrollar en cada una de las fases.

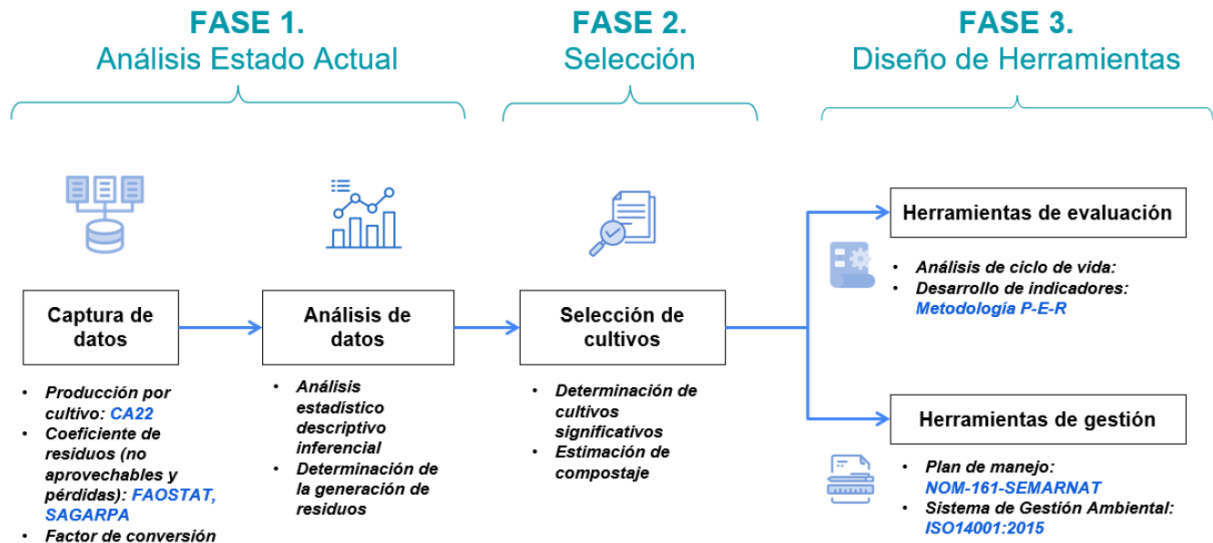


Fig. 5. Diagrama de procesos de la metodología experimental
Fuente: Elaboración propia

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología experimental de la investigación consta de 3 fases, y 6 procesos. Como un primer paso, se consultaron bases de datos públicas recabar información. Con respecto a la producción agrícola y su impacto en Morelos se consultó el Censo Agropecuario 2022, del cual se realizó un análisis descriptivo y matemático para la relación de los datos. Para la estimación de la generación de residuos se contempló la base de datos de la FAOSTAT, SAGARPA e INEGI, así como una consulta en la literatura. En cuanto a la producción de compostaje teórica se contará con información dada por la FAO mediante el Manual de Compostaje del Agricultor. Por último, se seleccionan los cultivos significativos de acuerdo con los que muestran mayor significancia de acuerdo con superficie cultivada, peso producido, compostaje teórico y viabilidad económica.

Para la evaluación de impactos se utilizó el desarrollo de indicadores mediante la metodología PER, algunos de los cuales fueron empleados para el desarrollo de un ACV. Estas herramientas serán un Plan de Manejo mediante lo indicado en la NOM-161-SEMARNAT y un SGA utilizando la metodología de la ISO 14001:2015.

IX. DISEÑO EXPERIMENTAL

I. GENERACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RSAO

i. Análisis estadístico descriptivo

Primeramente, se consultará la base de datos de la SAGARPA publicada mediante el CA22 para Morelos, permitiendo determinar la producción por cultivo (pr) en el estado de Morelos; una vez extraída la información se realizará un primer análisis estadístico descriptivo por cultivo. Este análisis busca abordar segmentar la información presentada en el CA22 por cultivo, permitiendo evaluar diferentes factores como producción, unidades productivas, valor de producción, entre otros.

ii. Determinación de residuos por Cultivo (C)

Para determinar la generación de residuos, primero se asignará un coeficiente de generación de residuos por cultivo (cg), el cual contempla los residuos por pérdidas dentro del proceso agrícola y el cultivo no aprovechable, como se muestra mediante la ecuación 1.

$$cg_{cultivo} = cp_{cultivo} + cna_{cultivo} \quad (1)$$

Para estimar las pérdidas se consultan las bases de datos de la FAO correspondientes México durante el año 2022 para producción anual (FAO, 2022), así como para pérdidas; mediante la relación de estos se presenta un coeficiente de pérdidas (cp) como se observa en la ecuación 2. En caso de no encontrarse reportados los datos para un cultivo, se reportará el valor encontrado en la literatura que le corresponda. Por otra parte, los residuos correspondientes al cultivo no aprovechable (cna) se encuentran igualmente reportados en la literatura, así como en SAGARPA.

$$cp_{cultivo} = \frac{\text{producciónMX22}_{cultivo}}{\text{pérdidasMX22}_{cultivo}} \quad (2)$$

Una vez determinado el cg , se estima la generación de residuos (RSAO) por cada cultivo utilizando la metodología indicada por SAGARPA mediante la ecuación 3.

$$gRSAO_{cultivo} = pr_{cultivo} * cg_{cultivo} \quad (3)$$

iii. Selección de Cultivos Significativos para Morelos (CSMOR)

Para seleccionar los cultivos más significativos se contempla la producción (pr) que tiene cada uno de ellos; pero también se contemplan los 3 ejes de la sustentabilidad. Para el eje económico se contempla el valor de producción (vp), que corresponde al valor económico de la producción agrícola y su contribución a la economía. En el eje social se emplea el número de unidades productivas, infiriendo que a mayor número de unidades productivas (up) mayor número de empleados el cultivo al contar con más unidades. Por último, el eje ambiental se ve evaluado con la generación de residuos (RSAO) que tiene cada uno de los cultivos.

Las categorías de evaluación del indicador combinan variables diferentes (como unidades, toneladas, y valores monetarios), de forma que es necesario normalizar los datos para convertirlos en una escala común, haciéndolos adimensionales. Se emplea una normalización de min-max, donde cada uno de los componentes expresa un valor entre 0 y 1, como muestra en la ecuación 4.

$$x'_{cultivo} = \frac{x_{cultivo} - x_{min_{cultivo}}}{x_{max_{cultivo}} - x_{min_{cultivo}}} \quad (4)$$

El indicador de relevancia (IDR) desarrollado permite evaluar a través de diversos enfoques, donde cada uno de ellos tiene un valor proporcional de 0.25. De esta forma, se determinan como Cultivos Significativos para Morelos (CSMOR), aquellos que muestren un IDR superior a 0.20, lo que se ilustra en la ecuación 5.

$$IDR = 0.25 pr'_{cultivo} + 0.25 RSAO'_{cultivo} + 0.25 up'_{cultivo} + 0.25 vp'_{cultivo} \quad (5)$$

Donde si:

$$IDR \geq 0.2 : Cultivo significativo$$

$$IDR \leq 0.2 : Cultivo no significativo$$

iv. Estimación de compostaje por cultivo

Para los CSMOR se determina el volumen teórico de compostaje (vte), mediante la ecuación 6, este análisis contempla los datos no solo por cada cultivo sino de manera específica por cada unidad de los CSMOR. Se emplea un factor de conversión por cultivo (fc), que es una relación que representa la cantidad de compost que se obtiene por unidad de materia orgánica, de igual manera la FAO reporta un fc de 0.45 de manera general.

$$vtc_{unidad} = gRSAO_{unidad} * fc \quad (6)$$

Se relaciona el volumen teórico de compostaje estimado anteriormente con la producción para obtener un coeficiente de compostaje (CC), mediante la ecuación 7, de acuerdo con lo indicado por SAGARPA.

$$CC_{cultivo} = \frac{vtc_{unidad}}{pr_{unidad}} \quad (7)$$

Se utilizará como apoyo la herramienta de Excel para los cálculos realizados al permitimos desglosar y clasificar mediante funciones las unidades correspondientes a los diferentes tipos de residuos. Se plantea obtener una matriz que despliegue todos los datos por cultivo y unidades, de forma similar a la **Figura 6**.

C	up	pr	cg	gRSAO	fc	vtc	CC
CI	U1						
	U2						
	.						
	.						
	.						
C...	U...						

Fig. 6. Diseño de matriz para estimación CC de CSMOR
Fuente: Elaboración propia

Una vez determinado lo anterior, se puede evaluar el compostaje como una alternativa de fertilizante, por lo que se necesita estimar el fertilizante a utilizar por cada hectárea. Mediante la ecuación 8 se puede obtener un factor de fertilizante por hectárea (ff).

$$ff = \frac{\text{volumen fertilizante anual}_{estatal}}{\text{hectáreas fertilizadas}_{estatal}} \quad (8)$$

II. DESARROLLO DE HE

i. Indicadores de sustentabilidad

De acuerdo con lo arrojado por el ACV se iniciará el diseño de un conjunto de indicadores, mediante los que se informa del impacto ambiental sobre los RSAO, el estado del recurso que se está midiendo y las acciones para reducir la problemática. El desarrollo de indicadores considera parámetros de diseño, presentados en la **Cuadro 8**, que permitirán una estructura homogénea y

replicable para las herramientas de gestión. Para el desarrollo de los indicadores se considera la metodología P-E-R, al ser la indicada por la OCDE.

CUADRO 8. PARÁMETROS PARA DESARROLLO DE INDICADORES

Parámetro	Descripción
<i>Indicador</i>	El enunciado del indicador propiamente dicho
<i>Factor evaluado</i>	Tema de análisis que representa el aspecto específico que va a ser medido por el indicador
<i>Forma de cálculo</i>	La ecuación o fórmula mediante la cual se calcula el indicador propuesto
<i>Unidades de medida</i>	Las variables necesarias para el cálculo y expresa la relación matemática de los mismos mediante una tasa o proporción.
<i>Frecuencia</i>	Tiempo en que se pretende evaluar
<i>Fuentes de información</i>	Las entidades que proporcionan la información primaria o secundaria necesaria para el desarrollo de los indicadores

Fuente: CONEVAL, 2013

ii. Análisis de Ciclo de Vida

El objetivo de este ACV es evaluar el impacto ambiental de los residuos orgánicos generados por los residuos más significativos en términos de su potencial de reintegración al suelo como composta. El presente estudio aplica el ACV con base en la norma ISO 14040:2006 para comparar dos escenarios de manejo de RSAO, como se observa en la **Figura 7**:

1. Escenario convencional, en el que los residuos se disponen sin tratamiento.
2. Escenario alternativo, donde los RSAO se compostan y se reincorporan al sistema agrícola como fertilizante orgánico.

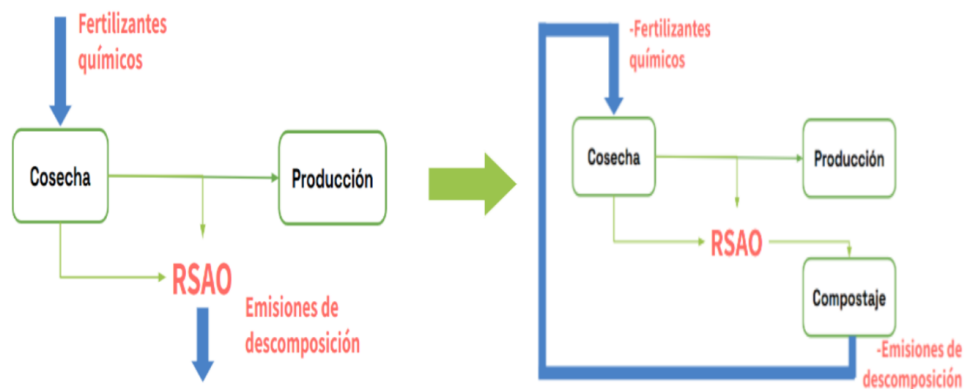


Fig. 7. Perspectiva de Análisis de Ciclo de Vida sobre proceso agrícola
Fuente: Elaboración propia

Este análisis busca identificar y comparar los efectos ambientales derivados de la gestión convencional y establecer un proceso de manejo de residuos más sostenible y reducir los impactos ambientales asociados (residuos y emisiones).

Se adopta un enfoque puerta a puerta (gate-to-gate), abarcando desde la cosecha del cultivo hasta la aplicación del fertilizante en el siguiente ciclo agrícola como ilustra en la **Figura 8**. El análisis se limita geográficamente al estado de Morelos, México, y se sitúa temporalmente en el año 2022. La unidad funcional analizada corresponde a la producción por unidad productiva.

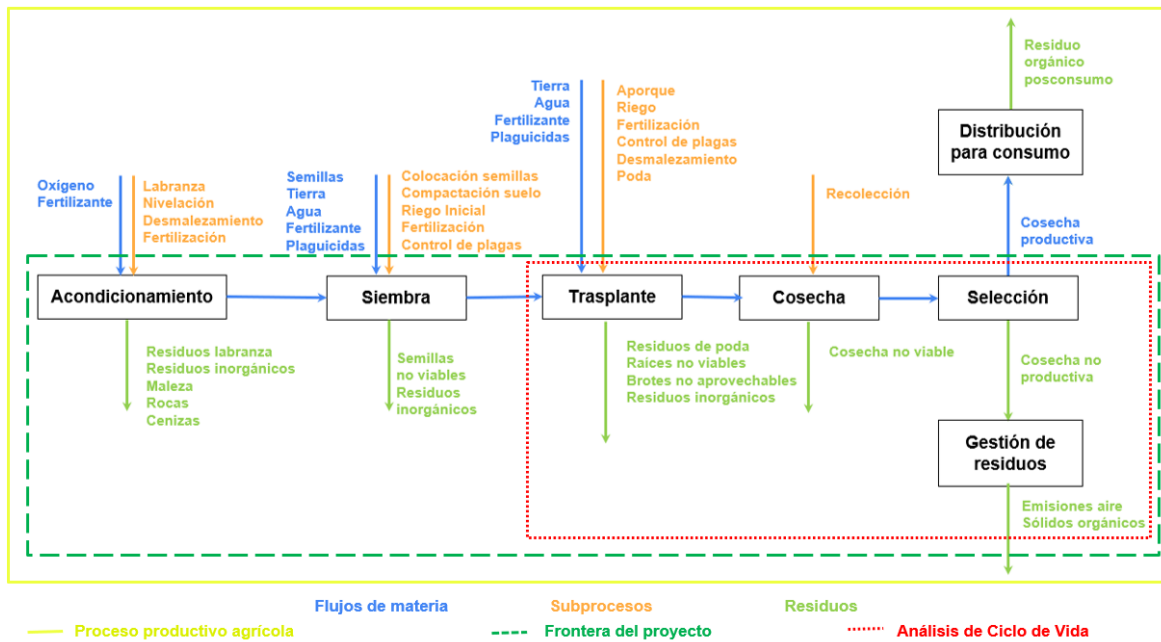


Fig. 8. Definición del sistema para evaluación de ACV
Fuente: Elaboración propia

III. DESARROLLO DE HG

i. Plan de Manejo

El Plan de Manejo se desarrollará con lo establecido en la NOM-161-SEMARNAT-2011, correspondiente al **Cuadro 7**, donde se mencionan los elementos para la formulación del Plan de Manejo. Se desarrollarán los elementos correspondientes a los puntos 2,3,4 y 5; así también se agrega un elemento adicional, donde se contempla la justificación de la aplicación del Plan de Manejo.

ii. Sistema de Gestión Ambiental (SGA)

Por otro lado, para el SGA se contempla el uso de la ISO 14001:2015, sin embargo, no se abarcará la implementación del sistema, únicamente contemplando la etapa de Planificación. De acuerdo con lo establecido en la norma se contemplan los siguientes elementos en esta etapa:

- 5. Liderazgo
 - 5.1 Liderazgo y compromiso
 - 5.2 Política ambiental.
 - 5.3 Roles, responsabilidades y autoridades en la organización.
- 6. Planificación
 - 6.1 Acciones para abordar riesgos y oportunidades.
 - 6.1.1 Generalidades.
 - 6.1.2 Aspectos ambientales
 - 6.1.3 Requisitos legales y otros requisitos.
 - 6.2 Objetivos ambientales y planificación para lograrlos.
 - 6.2.1 Objetivos ambientales.
 - 6.2.2 Planificación de acciones para lograr los objetivos ambientales
- 7. Apoyo
 - 7.4 Comunicación
 - 7.4.1 Generalidades
 - 7.4.2 Comunicación interna
 - 7.4.3 Comunicación externa

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

I. GENERACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RSAO

i. Análisis estadístico descriptivo

El CA22 para el Estado de Morelos contempla 949 unidades productivas (up) que se clasifican en 89 cultivos, los cuales dan una producción total de 14,269,699 toneladas durante el año para 141,896.6 ha sembradas y un valor de producción de \$11,064,376.72 miles de pesos. De acuerdo con la modalidad, el 70.28% de las up cuentan con modalidad de riego, mientras que el resto es de modalidad temporal. En cuanto a ciclos productivos en su mayoría son de ciclo primavera-verano, correspondiente al 48.68% del up; mientras que perennes es empleado por el 26.98% y otoño-invierno solo por el 24.34%.

Se pueden identificar 89 cultivos en el estado, para los cuales se puede analizar el volumen de producción, el número de unidades, el valor de producción, la superficie cultivada y fin de cultivo, lo que se aprecia a detalle en el **Anexo 1**.

La unidad de medida para la producción varía de acuerdo con cada up, el 92.73% de estas se miden por toneladas, el restante se divide en gruesa, manojo, planta o metro cuadrado, no obstante, corresponden únicamente a cultivos ornamentales. El cultivo con mayor producción es la caña de azúcar, con 1,993,631.7, equivalente al 13.97% de la producción estatal. El promedio up por cultivo es de 11, siendo que de los 89 cultivos solo 22.47% de ellos están por encima del promedio. El cultivo con mayor cantidad de up es el maíz de grano, correspondiente al 8.7% del total, lo que se traduce en 83 up; seguido de este cultivo se encuentran el tomate rojo (jitomate), con 58 up, y calabacita con 57 up. La caña de azúcar también destaca en el valor de producción, siendo el cultivo que más aporta con el 16.84% del total; seguido de los nopalitos con 11.77% y el tomate rojo (jitomate) con 10.76%. Finalmente, la superficie cultivada en el estado predomina con un 27.39% para maíz de grano, equivalente a 38867.5 ha, y 21.55% del total para sorgo en grano, lo que corresponde a 30576.5 ha.

De acuerdo con su fin de consumo los cultivos pueden clasificarse como alimenticios (consumo humano y animal), forrajeros (alimento de animales de granja), industriales (materia prima para la producción de bienes) u ornamentales (jardinería y paisajismo). La **Figura 9** muestra de forma

visual la clasificación de acuerdo con el fin en el estado; donde el 76.4% de los cultivos tienen un fin alimenticio, seguido por un 13.48% para fines ornamentales y 5.61% a forrajero. Los cultivos con fin industrial son solo el 4.49%, correspondientes al agave, el bangaño, la caña de azúcar, y la semilla de caña de azúcar.

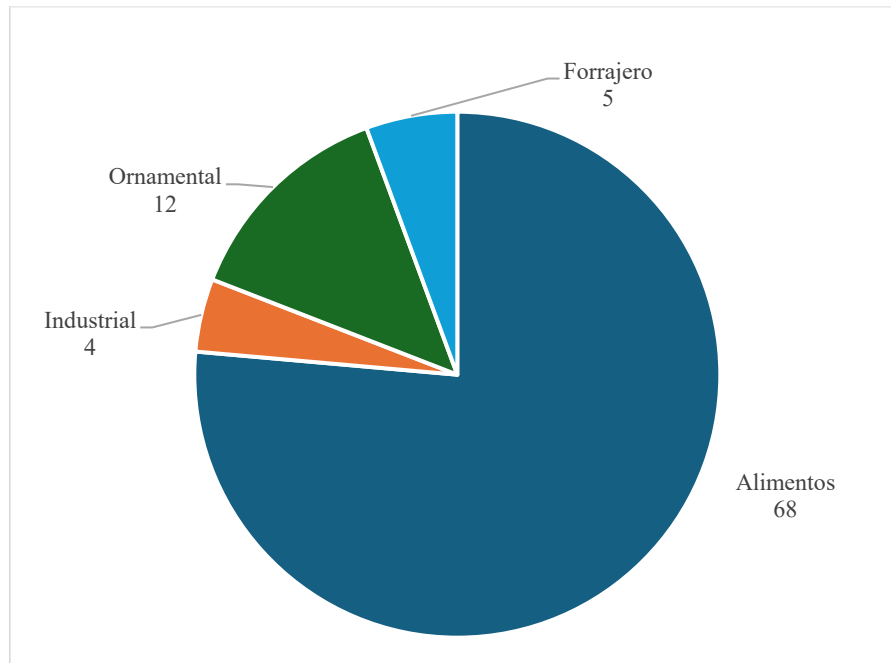


Fig. 9. Cultivos de Morelos de acuerdo con su fin de uso
Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la distribución geográfica, se encuentran registros de cuando menos una up en 31 de los 37 municipios del Estado; el **Cuadro 9** permite visualizar el volumen de producción, el valor, el número de up y la siembra.

El volumen de producción es mayor en la capital del Estado, donde se concentra el 20.18% de la producción, el segundo municipio con mayor volumen es Yautepec con un 16.39%; a pesar de que los demás municipios concentran el 59.58% restante, ninguno representa una producción superior al 10%. El 10.42% del valor de producción del estado lo produce el municipio de Ayala, contando con una superficie cultivada de 14,788.3 ha; el siguiente municipio en ambas categorías es Axochiapan, aportando el 6.46% del valor de producción estatal con una superficie cultivada de 10,627.6 ha. En cuanto a número de up la distribución es variable, dado a que ningún municipio cuenta con up superiores al 5% del total; en cambio, Ayala tiene 44 up, siendo la mayor concentración, seguido de Cuautla con 43 up y Miacatlán con 41.

CUADRO 9. ANÁLISIS DE UNIDADES PRODUCTIVAS DE MORELOS POR MUNICIPIO

Municipio	Vol. producción	Val. producción (\$)	Siembra (ha)	UP
<i>Amacuzac</i>	46,290.56	97,633,569.32	2,545.50	25
<i>Atlatlahucan</i>	59,819.50	260,102,702.92	3,371.50	23
<i>Axochiapan</i>	265,319.04	715,157,403.18	10,627.60	27
<i>Ayala</i>	716,187.27	1,153,008,990.13	14,788.30	44
<i>Coatetelco</i>	1,836.00	10,385,141.53	380.50	8
<i>Coatlán del Río</i>	204,254.85	160,829,259.93	1,797.90	40
<i>Cuatla</i>	1,423,429.42	534,195,796.81	5,956.50	43
<i>Cuernavaca</i>	2,879,273.70	208,431,785.97	1,395.50	22
<i>Emiliano Zapata</i>	761,918.45	127,428,196.44	980.50	29
<i>Hueyapan</i>	191.20	1,164,289.56	45.00	3
<i>Huitzilac</i>	33,427.50	51,847,309.27	2,307.00	8
<i>Jantetelco</i>	89,244.41	281,668,090.14	5,476.90	36
<i>Jojutla</i>	249,778.58	370,591,809.24	5,072.00	27
<i>Jonacatepec</i>	62,755.76	311,176,795.85	6,032.80	31
<i>Mazatepec</i>	84,754.39	182,644,108.28	1,694.70	40
<i>Miacatlán</i>	92,996.06	223,586,560.57	4,207.80	41
<i>Puente de Ixtla</i>	123,441.49	227,413,635.86	4,682.50	35
<i>Temixco</i>	471,745.90	133,259,172.46	1,228.80	22
<i>Temoac</i>	30,058.22	152,724,143.62	2,866.70	25
<i>Tepoztlán</i>	1,009,915.80	191,524,411.47	2,681.00	26
<i>Tetecala</i>	53,108.95	66,661,930.00	914.40	30
<i>Tetela del Volcán</i>	32,214.09	417,048,574.53	3,630.00	30
<i>Tlalnepantla</i>	309,293.72	1,045,343,792.37	4,429.20	16
<i>Tlaltizapán de Zapata</i>	310,897.40	407,007,582.41	5,650.50	29
<i>Totolapan</i>	105,762.85	380,886,366.67	3,870.60	29
<i>Xochitepec</i>	224,609.23	164,429,756.67	1,642.20	23
<i>Xoxocotla</i>	901.10	4,217,690.86	149.00	8
<i>Yautepec</i>	2,339,062.55	425,699,412.76	5,142.00	33
<i>Yecapixtla</i>	73,538.11	504,513,868.50	9,765.40	28
<i>Zacatepec</i>	59,697.90	59,486,991.03	910.00	12
<i>Zacualpan</i>	33,985.10	174,196,212.11	2,480.20	25
Total, general	14,269,699.00	1,064,376,716.04	141,896.60	949

Fuente: Elaboración propia

ii. Determinación de residuos por Cultivo (C)

Se realizó una revisión bibliográfica para poder calcular el cg la cual se muestra a detalle en el **Anexo 3**. Para el cp el 55.06% de los datos pudo ser calculado mediante la base de datos de FAOSTAT, mientras que el 16.85% fue extraído de diversos autores; por otra parte, el 28.08% de

los cultivos no cuentan con información bibliográfica a la fecha para estimar el cp. Por otra parte, el cna de 67.41% de los cultivos se pudo determinar a través de revisión bibliográfica, donde algunos autores abarcar más de un cultivo en sus hallazgos. Debido a la carencia de datos para cp y cna fue imposible determinar un cg para 32.58% de los cultivos del Estado; a pesar de esto, se determinó el cg para 60 de los cultivos del Estado, los cuales se contemplaron como 59 al considerar la semilla de caña de azúcar y la caña de azúcar como parte de la misma cadena productiva.

El cultivo con mayor cg es el trigo en grano, con 1.71, teniendo mayor peso el cna; seguido del agave que tiene un cg de 1.60, con un peso mayor en el cp. El cg promedio es de 0.57. siendo que 35.59% de los cultivos tienen un valor superior al promedio; de estos el 52.38%, es decir 11 cultivos del total, tienen un cg superior 1, el cual implica por una tonelada de producción la generación de residuos sería superior a una tonelada.

A través de la ecuación 3 se estima la generación de RSAO para los cultivos del estado con los que se cuenta la información necesaria. Se generan 2,862,218.48 toneladas de RSAO anualmente, siendo el 65.56% correspondientes a la caña de azúcar, 7.85% a nopalitos, 7.51% a maíz de grano, 6.74% a sorgo en grano y el resto de los cultivos aportando menos del 5% cada uno. La gRSAO promedio por cultivo es de 48,512.17, donde solo el 8.47% de los cultivos son superiores al promedio; esta no es directamente proporcional al cg, siendo que la generación es dependiente de la producción del estado, en el **Cuadro 10** se condensa la información pertinente para Morelos.

CUADRO 10. GENERACIÓN Y COEFICIENTE DE GENERACIÓN DE RSAO POR CULTIVO

Cultivo	cg	gRSAO (ton)	Cultivo	cg	gRSAO (ton)
<i>Agave</i>	1.6	11,869.92	<i>Granada</i>	0.63	1,029.65
<i>Aguacate</i>	0.38	20,211.55	<i>Guayaba</i>	0.17	19
<i>Albahaca</i>	0.88	301.54	<i>Haba grano</i>	0.75	154.21
<i>Alfalfa verde</i>	1.04	13,609.96	<i>Haba verde</i>	0.78	241.47
<i>Amaranto</i>	0.98	9.6	<i>Jícama</i>	0.28	7,833.05
<i>Arroz palay</i>	0.55	5,087.02	<i>Limón</i>	0.47	2,311.73
<i>Avena forrajera</i>	0.57	26,067.17	<i>Maíz grano</i>	1.12	215,149.92
<i>Bangaña</i>	0.85	36.81	<i>Mandarina</i>	0.24	33.29
<i>Berenjena</i>	0.13	20.1	<i>Mango</i>	0.31	1,570.71
<i>Cacahuate</i>	0.37	702.31	<i>Manzana</i>	0.12	15.03
<i>Café cereza</i>	1.15	42.87	<i>Naranja</i>	0.33	1,626.48
<i>Calabacita</i>	0.21	3,785.56	<i>Nopalitos</i>	0.55	224,691.97
<i>Calabaza semilla</i>	0.21	6.86	<i>Nuez</i>	0.56	22.76
<i>Camote</i>	0.57	1,086.86	<i>Papa</i>	0.28	649.17
<i>Caña de azúcar</i>	0.9	1,878,255.92	<i>Papaya</i>	0.35	1,126.55

Cultivo	cg	gRSAO (ton)	Cultivo	cg	gRSAO (ton)
<i>Carambolo</i>	0.28	32.3	<i>Pepino</i>	0.45	28,383.96
<i>Cebolla</i>	0.24	18,907.18	<i>Pera</i>	0.4	938.66
<i>Chicharo</i>	0.21	11.79	<i>Plátano</i>	0.48	134.89
<i>Chilacayote</i>	0.21	146.36	<i>Sábila</i>	1.2	5,080.90
<i>Chile verde</i>	0.48	632.06	<i>Sandía</i>	0.43	752.59
<i>Chirimoya</i>	0.14	13.06	<i>Sorgo forrajero</i>	1.06	14,367.20
<i>Cilantro</i>	0.35	317.12	<i>Sorgo grano</i>	1.06	192,937.74
<i>Ciruella</i>	0.23	690.63	<i>Tamarindo</i>	1.04	102.89
<i>Col (repollo)</i>	0.39	17.13	<i>Tomate rojo (jitomate)</i>	0.12	20,475.27
<i>Crisantemo</i>	0.4	39,995.86	<i>Tomate verde</i>	1.08	25,318.01
<i>Durazno</i>	0.2	920.34	<i>Toronja (pomelo)</i>	0.24	19.38
<i>Elote</i>	0.5	87,694.49	<i>Trigo grano</i>	1.71	886.3
<i>Fresa</i>	0.15	17.43	<i>Yuca alimenticia</i>	0.58	830.19
<i>Frijol</i>	1.55	1,822.90	<i>Zapote</i>	0.6	216.17
<i>Girasol flor</i>	0.7	2,986.65	<i>Promedio</i>	0.57	48,512.18

Fuente: Elaboración propia

iii. Selección de Cultivos Significativos para Morelos (CSMOR)

Una vez con la gRSAO por cultivo se calcula el IDR, mediante la ecuación 5, determinando un IDR promedio de 0.06 y una desviación estándar de 0.10. Únicamente el 22.03% de los cultivos se encuentran arriba del IDR promedio, de los cuales el 30.76% se clasifican como cultivos significativos.

Los cultivos que se consideran significativos tienen un IDR superior a 0.2, para el Estado de Morelos 4 cultivos muestran un IDR con alta significancia (**Cuadro 11**). El cultivo que muestra un mayor IDR es la caña de azúcar con un valor de 0.66, seguido por los nopalitos, maíz de grano con 0.34 y finalmente tomate rojo (jitomate) con un valor de 0.21.

CUADRO 11. ÍNDICE DE RELEVANCIA DE LOS CULTIVOS DE MORELOS

Cultivo	IDR	Cultivo	IDR
<i>Caña de azúcar</i>	0.6638	<i>Ciruella</i>	0.0203
<i>Nopalitos</i>	0.3378	<i>Guayaba</i>	0.0153
<i>Maíz grano</i>	0.3121	<i>Camote</i>	0.0142
<i>Tomate rojo (jitomate)</i>	0.2125	<i>Chilacayote</i>	0.0127
<i>Sorgo grano</i>	0.1841	<i>Haba verde</i>	0.0125
<i>Calabacita</i>	0.1745	<i>Tamarindo</i>	0.0123
<i>Pepino</i>	0.1723	<i>Papa</i>	0.0103
<i>Elote</i>	0.1459	<i>Cilantro</i>	0.0102
<i>Frijol</i>	0.1378	<i>Pera</i>	0.0099
<i>Tomate verde</i>	0.1275	<i>Granada</i>	0.0097
<i>Cebolla</i>	0.1197	<i>Berenjena</i>	0.0093

Cultivo	IDR	Cultivo	IDR
<i>Aguacate</i>	0.1066	<i>Chirimoya</i>	0.0092
<i>Limón</i>	0.0695	<i>Haba grano</i>	0.0065
<i>Cacahuate</i>	0.0566	<i>Nuez</i>	0.0064
<i>Jícama</i>	0.0515	<i>Manzana</i>	0.0063
<i>Mango</i>	0.0503	<i>Calabaza semilla</i>	0.0063
<i>Chile verde</i>	0.0494	<i>Chícharo</i>	0.0062
<i>Arroz palay</i>	0.0469	<i>Café cereza</i>	0.0061
<i>Agave</i>	0.0379	<i>Girasol flor</i>	0.0045
<i>Crisantemo</i>	0.0320	<i>Trigo grano</i>	0.0041
<i>Alfalfa verde</i>	0.0317	<i>Zapote</i>	0.0038
<i>Naranja</i>	0.0295	<i>Mandarina</i>	0.0032
<i>Avena forrajera</i>	0.0293	<i>Bangaña</i>	0.0031
<i>Durazno</i>	0.0270	<i>Plátano</i>	0.0011
<i>Papaya</i>	0.0238	<i>Fresa</i>	0.0009
<i>Sorgo forrajero</i>	0.0225	<i>Carambolo</i>	0.0007
<i>Sandía</i>	0.0224	<i>Toronja (pomelo)</i>	0.0001
<i>Yuca alimenticia</i>	0.0221	<i>Col (repollo)</i>	0.0001
<i>Albahaca</i>	0.0215	<i>Amaranto</i>	0.0001
<i>Sábila</i>	0.0212	Promedio	0.0601

Fuente: Elaboración propia

iv. Estimación de compostaje por cultivo

Los CSMOR abarcan 4 cultivos, traducidos en 169 unidades productivas. El 49.11% de las up analizadas corresponden a maíz de grano, seguido por jitomate con el 34.32% de ellas, el restante se divide entre caña de azúcar y nopalitos (**Figura 10**)

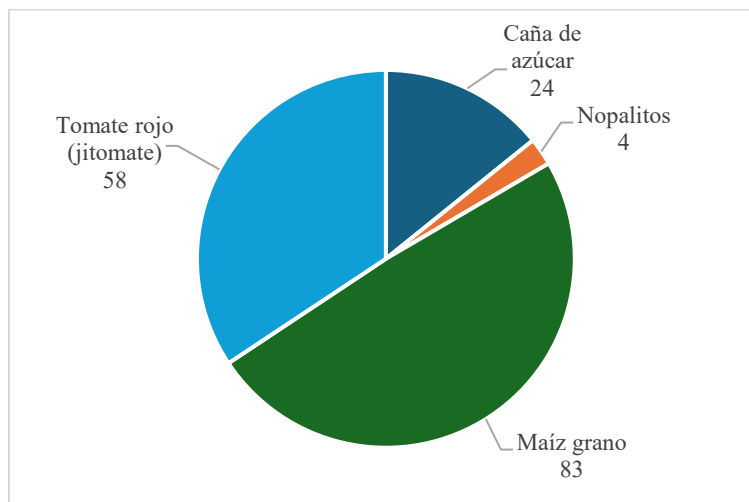


Fig. 10. Unidades productivas significativas clasificadas por CSMOR
Fuente: Elaboración propia

Para la estimación de CC se realizó el análisis por cultivo y up, las up clasificadas por cultivo se apreciar a mayor detalle en el Anexo 4, mientras que el **Cuadro 12** despliega el análisis por CSMOR. La caña de azúcar encabeza el coeficiente de compostaje con 0.41, seguido del más de grano con 0.5, ambos son los únicos que se encuentran arriba del CC promedio. Mientras que el vtc a pesar de encabezarse por la caña de azúcar con 845,215.19 ton, es el único que se encuentra arriba del promedio.

CUADRO 12. MATRIZ DE ESTIMACIÓN CC DE LOS CSMOR

C	up	pr	cg	gRSAO	fc	vtc	CC
<i>Caña general</i>	24	2,086,951.09	0.90	1,878,255.98	0.30	563,476.79	0.27
<i>Maíz grano</i>	83	191,449.90	1.12	214,423.89	0.30	64,327.17	0.34
<i>Nopalitos</i>	4	406,608.70	0.55	223,634.79	0.30	67,090.44	0.17
<i>Tomate rojo (jitomate)</i>	58	169,352.00	0.12	20,322.24	0.30	6,096.67	0.04
Promedio	42.25	713,590.42	0.67	584,159.22	0.30	175,247.77	0.20

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el factor de fertilizante por hectárea (ff) se emplean datos del CA22 sobre el uso de fertilizantes químicos, este contempla únicamente 125 unidades productivas, por lo que para determinar el coeficiente se tomará esta como la población. El volumen de fertilizante que se consumió fue de 1,968.49 ton, mientras que el área fue de 9,474.76 ha; es entonces que se determina que el $ff = 0.207 \frac{ton}{ha}$.

II. DESARROLLO DE HE

i. Indicadores de sustentabilidad

Con el propósito de evaluar de manera integral los impactos ambientales asociados a la actividad agrícola y la gestión de sus residuos, se empleó la metodología de indicadores P–E–R. Esta herramienta analítica permite estructurar la información ambiental siguiendo una lógica causal, desde los factores que ejercen presión sobre el medio ambiente, pasando por el estado actual de los recursos naturales, hasta las respuestas implementadas para mitigar o revertir los efectos adversos.

Los indicadores diseñados proporcionan una base cuantitativa para el diagnóstico del sistema agrícola en el estado de Morelos. Cada uno se presenta con su respectivo nombre, definición,

unidad de medida, método de cálculo (en caso de aplicar), frecuencia de actualización, limitaciones y fuentes de información. Esta sistematización permite fortalecer el monitoreo ambiental y apoyar la toma de decisiones en políticas de gestión sostenible.

En total, se desarrollaron cinco indicadores mostrados en el **Cuadro 13**: tres asociados al eje de presión, uno al estado y uno a la respuesta.

CUADRO 13. ÍNDICADORES DE SUSTENTABILIDAD

Presión	Estado	Respuesta
1.1. Producción por cultivo (pr)	1.4 Generación de Residuos Sólidos Agrícolas Orgánicos (GRSAO)	1.5 Volumen teórico de compostaje (vtc)
1.2 Superficie agrícola (sup)		
1.3 Consumo promedio de fertilizante por unidad productiva (fr)		

Fuente: Elaboración propia

1. Indicadores de presión

Los indicadores de presión representan los factores que generan la problemática ambiental. Su comportamiento está directamente relacionado con el incremento en la generación de residuos agrícolas y la alteración de los ecosistemas. Se muestran los metadatos correspondientes a los indicadores de presión en el **Anexo 5**.

- Producción por cultivo (pr): cuantifica el volumen producido por cultivo durante el año agrícola. Un mayor volumen implica un aumento en la demanda de recursos naturales y, por tanto, una mayor generación de subproductos agrícolas.
- Superficie agrícola cultivada (sup): indica el área sembrada por cultivo. La expansión agrícola, especialmente en contextos de agricultura intensiva, puede acelerar procesos de erosión, pérdida de fertilidad y deforestación.
- Consumo promedio de fertilizantes químicos (fr): expresa la cantidad aplicada por unidad productiva. El uso excesivo de fertilizantes puede alterar el equilibrio de nutrientes en el suelo, favorecer la lixiviación de nitratos y provocar impactos sobre cuerpos de agua y biodiversidad

2. Indicadores de estado

Los indicadores de estado reflejan las condiciones actuales del sistema agrícola en relación con los residuos generados. Se muestran los metadatos correspondientes a los indicadores de estado en el **Anexo 6**.

- Generación de Residuos Sólidos Agrícolas Orgánicos (gRSAO): estima el volumen de residuos generados por cada cultivo. Su incremento no solo representa una presión sobre el sistema de gestión de residuos, sino que también implica pérdida de materia orgánica utilizable y posibles emisiones de GEI, particularmente metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), en condiciones anaeróbicas.

3. Indicadores de respuesta

Los indicadores de respuesta evalúan las medidas tomadas para revertir o mitigar los impactos generados. Se muestran los metadatos correspondientes a los indicadores de respuesta en el **Anexo 7**.

- Volumen Teórico de Compostaje (vtc): determina la cantidad potencial de composta que puede producirse a partir de los residuos generados por cada cultivo. Este indicador da cuenta de la capacidad de reintegración de biomasa al sistema agrícola como enmienda orgánica, lo que representa una estrategia proactiva para reducir impactos negativos y cerrar el ciclo de nutrientes.

ii. Análisis de Ciclo de Vida

1. Definición del objetivo y alcance

El objetivo de este análisis de ciclo de vida es evaluar el impacto ambiental asociado a los RSAO generados por los cinco cultivos más significativos del estado de Morelos, con énfasis en su potencial de reintegración al suelo mediante compostaje. Se comparan dos escenarios, la gestión convencional, en la que los residuos se disponen sin tratamiento o son incinerados, y en el que los RSAO son transformados en composta y reincorporados al sistema agrícola como fuente de nutrientes.

La unidad funcional establecida es la producción por up lo cual permite una comparación homogénea entre cultivos y con estudios similares. Las fronteras del sistema se delimitan bajo un

enfoque de "puerta a puerta" (gate-to-gate), incluyendo las etapas desde la cosecha hasta la aplicación del fertilizante (composta o químico) en el siguiente ciclo productivo. El análisis se contextualiza geográficamente en el estado de Morelos y se sitúa temporalmente en el año 2022, en congruencia con los datos del Censo Agropecuario de ese año.

2. Análisis del inventario

El análisis del inventario es una de las etapas más críticas del ACV, ya que consiste en la recopilación y cuantificación de los flujos de materia y energía que entran y salen del sistema. El sistema agrícola evaluado presenta dos entradas: fertilizante (químico u orgánico) y tierra cultivable; y dos salidas: producto cosechado y residuos agrícolas (RSAO). En el enfoque convencional, los RSAO se consideran residuos sin aprovechamiento, mientras que en el escenario alternativo se integran a un subproceso de compostaje.

Este ACV no busca reducir insumos ni maximizar la producción, sino modificar el origen de las entradas: sustituir el fertilizante químico por uno generado a partir de los propios RSAO. Esta estrategia busca cerrar el ciclo de nutrientes dentro del propio sistema productivo, mejorando su eficiencia y sostenibilidad.

Para ejemplificar este análisis, se ilustra la unidad productiva de caña de azúcar (U1) mediante la **Figura 11**, con una pr de 25,714 toneladas y una superficie cultivada de 355 ha. De acuerdo con coeficientes estimados, se calcula una gRSAO de 23,142.6 toneladas anuales, de las cuales podrían transformarse 6,942.78 toneladas en composta (vtc). Por otro lado, el fertilizante químico requerido (fr) para esta unidad se estima en 73.73 toneladas al año.



Fig. 11. Análisis de Ciclo de Vida de U1 sin reintegración
Fuente: Elaboración propia

En la situación convencional, los RSAO no son aprovechados y generalmente se dejan en campo, se queman o se degradan de manera descontrolada. Esto produce emisiones de metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y óxidos de nitrógeno, todos ellos gases de efecto invernadero. Al mismo tiempo, el uso de fertilizantes de síntesis industrial representa una fuerte carga ambiental, desde su fabricación a la liberación de GEI al ambiente durante y posteriores a su aplicación.

3. Evaluación del impacto

La reintegración de composta reemplaza completamente la necesidad de fertilizantes sintéticos, como lo ilustra la **Figura 12**. En el caso de U1, el volumen de composta generado (6,942.78 t) es más de 94 veces mayor al requerido como fertilizante químico (73.73 t), demostrando no solo la viabilidad técnica de la sustitución, sino también la existencia de un excedente potencialmente comercializable o redistribuible.

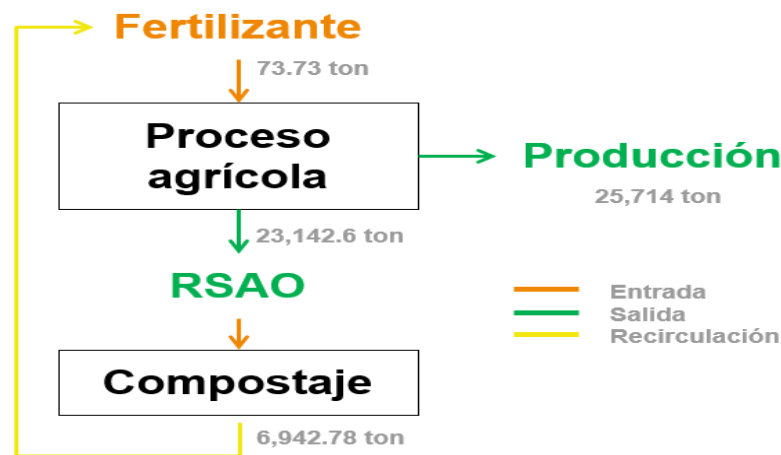


Fig. 12. Análisis de Ciclo de Vida de U1 con reintegración
Fuente: Elaboración propia

El mismo procedimiento se replicó en las 169 up consideradas relevantes, encontrando que en el 100% de los casos, el volumen teórico de composta es suficiente para cubrir el requerimiento de fertilizante; estableciendo una relación de $v_{tc} > \overline{f_r}$.

Bajo este escenario alternativo, los RSAO se reciclan como insumo a través del proceso de compostaje, con lo cual se logra sustituir el fertilizante químico por un fertilizante orgánico generado dentro del propio sistema agrícola. Esto permite afirmar, en términos ambientales, que

es posible redefinir las entradas al sistema agrícola sin comprometer la productividad, reduciendo significativamente los impactos negativos sobre el entorno

4. Interpretación

Los resultados del ACV indican una clara ventaja ambiental al incorporar el compostaje como estrategia de manejo integral de residuos. La transformación de los RSAO en composta no solo permite cerrar ciclos de nutrientes, sino que también reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, evita la sobreexplotación de recursos no renovables y mejora la calidad del suelo a largo plazo. Esta práctica ofrece una alternativa sustentable frente al modelo de fertilización sintética, y sus beneficios pueden medirse tanto en términos ambientales como económicos.

Asimismo, el enfoque "gate-to-gate" ha permitido identificar con precisión el segmento del proceso agrícola donde la intervención tiene mayor impacto, lo que facilita la formulación de políticas públicas y estrategias locales. La existencia de excedentes de composta en las unidades productivas analizadas sugiere la posibilidad de conformar cadenas de valor a partir de este subproducto, lo que agrega un componente de desarrollo económico local al análisis.

No obstante, deben considerarse limitantes como la variabilidad de los residuos según el tipo de cultivo, condiciones climáticas y prácticas agrícolas. En futuras fases del estudio será necesario incorporar el análisis de transporte, almacenamiento y aplicación de la composta, así como una evaluación económica y social más detallada.

III. DESARROLLO DE HE

i. Plan de Manejo (PM)

El Plan de Manejo (PM) se formula como una herramienta técnica, administrativa y normativa que busca establecer un modelo de gestión integral para los residuos generados por las actividades agrícolas del municipio de Jojutla, Morelos. Su desarrollo responde no solo a una necesidad ambiental derivada del incremento de RSAO en las up, sino también a una obligación jurídica, establecida en los marcos normativos federales y estatales que regulan la gestión ambiental y los Residuos de Manejo Especial (RME).

El sustento jurídico del plan de manejo se encuentra principalmente en la LGPGIR y en la NOM-161-SEMARNAT-2011, instrumentos que establecen la responsabilidad de los generadores de RME de implementar planes que regulen su almacenamiento, transporte, aprovechamiento y disposición final. El artículo 19 de la LGPGIR establece que los generadores de RME deben elaborar e implementar planes de manejo que promuevan su valorización y reduzcan los impactos ambientales. De igual manera, el artículo 20 menciona que dichos planes deben contener las acciones específicas de prevención y aprovechamiento de residuos, priorizando las alternativas de reincorporación a los ciclos productivos. En correspondencia, la NOM-161-SEMARNAT-2011 regula los criterios para la clasificación de los RME y establece en su artículo 6 que los residuos generados en actividades productivas que superen un volumen de 10 toneladas anuales deben contar con un plan de manejo autorizado por la autoridad ambiental competente.

El diagnóstico realizado permitió identificar que el 98.81% de las up de los CSMOR, superan las 10 toneladas de generación anual, lo que implica un incumplimiento potencial de la norma y la obligatoriedad legal de formular planes de manejo. En este sentido, el plan propuesto para el municipio de Jojutla no solo responde a una necesidad de gestión ambiental, sino también a la corrección de una omisión normativa, garantizando el cumplimiento de las disposiciones establecidas por la SEMARNAT y las autoridades ambientales estatales.

El municipio de Jojutla fue seleccionado como zona piloto debido a su alta relevancia agrícola dentro del estado. De acuerdo con los resultados del análisis de generación de RSAO, Jojutla presenta el mayor volumen de residuos agrícolas orgánicos y una de las mayores concentraciones de unidades productivas, especialmente asociadas a cultivos de caña de azúcar, maíz y nopal. Estas características lo convierten en un punto estratégico para la implementación inicial del plan, permitiendo evaluar la factibilidad técnica y operativa de su aplicación, así como generar información base para su futura replicación a nivel regional.

El plan de manejo propuesto, cuyo contenido completo se presenta en el **Anexo 8**, plantea una estructura integral que abarca desde el diagnóstico de la situación actual hasta la propuesta operativa de manejo, incluyendo procesos de valorización mediante compostaje, metas de cobertura, infraestructura requerida, mecanismos de control y estrategias de participación social. Su enfoque metodológico se alinea con los principios de la gestión integral de residuos establecidos en la LGPGIR y en la Ley de Residuos Sólidos del Estado de Morelos, incorporando

el principio de responsabilidad compartida y la priorización de la valorización sobre la disposición final.

El alcance del plan se limita exclusivamente a los RSAO generados por las unidades productivas del municipio, sin considerar residuos inorgánicos, peligrosos o de otro tipo. Este acotamiento permite enfocar los esfuerzos técnicos y económicos en el aprovechamiento orgánico mediante compostaje, asegurando un manejo ambientalmente adecuado y económicamente viable. Asimismo, el carácter municipal del plan favorece la articulación con los programas estatales y federales, fortaleciendo la capacidad local de gestión ambiental.

El PM de los RSAO de Jojutla constituye una propuesta de carácter técnico y normativo que busca no solo resolver una problemática ambiental, sino también dar cumplimiento a las obligaciones legales en materia de residuos de manejo especial, alineándose con los objetivos de sustentabilidad establecidos en la Agenda 2030 y la política nacional de economía circular. Su implementación permitirá avanzar hacia un modelo agrícola más eficiente, regulado y ambientalmente responsable, además de sentar las bases para la replicación de este instrumento en otros municipios del estado.

ii. Sistema de Gestión Ambiental (SGA)

El SGA constituye un elemento clave para asegurar la implementación, mantenimiento y mejora continua del manejo integral de los RSAO. El SGA ofrece la estructura organizacional necesaria para garantizar el cumplimiento, fortalecer la gobernanza ambiental y generar capacidades institucionales en el sector agrícola del Estado de Morelos.

El diseño se fundamenta en los principios establecidos por la ISO 14001:2015, norma internacional que orienta a las organizaciones en la integración dentro de sus procesos. Aunque el modelo desarrollado no abarca la totalidad de los requisitos que establece la norma, incorpora los elementos esenciales necesarios para un funcionamiento eficaz. El SGA presentado en el **Anexo 8** se centra en componentes críticos como el liderazgo, la política ambiental, la identificación de aspectos y requisitos legales, la planificación para objetivos ambientales y los mecanismos de comunicación interna y externa.

En congruencia con el análisis territorial realizado durante la selección del municipio piloto para el PM, Jojutla se mantiene como la unidad institucional de referencia para el diseño del SGA. Su

elección responde a su representatividad agrícola dentro del estado. Mantener el mismo territorio de aplicación permite asegurar coherencia metodológica, homogeneidad en la implementación de herramientas y una lectura integrada de los resultados, facilitando la transición hacia un modelo replicable en otros municipios.

La incorporación de un SGA en el sector agrícola responde a la necesidad de consolidar un modelo organizacional que trascienda acciones aisladas o únicamente técnicas. La problemática asociada a los RSAO en Morelos no solo implica retos operativos, sino también la ausencia de estructuras formales que guíen la toma de decisiones. En este sentido, el SGA funciona como una herramienta de gobernanza ambiental que articula roles, define prioridades y establece un marco de acción con los principios de la sustentabilidad.

Asimismo, el SGA desarrollado permite dar respuesta a las obligaciones normativas aplicables para la gestión de RSAO. Por lo tanto, el SGA no solo complementa al Plan de Manejo, sino que se convierte en la herramienta que hace operativa y verificable su aplicación, alineándose con los requisitos legales que exigen organización, planeación, evaluación y comunicación.

XI. CONCLUSIONES

El presente trabajo permitió diseñar una propuesta de manejo integral de los Residuos Sólidos Agrícolas Orgánicos (RSAO) en el Estado de Morelos, basada en el análisis del estado actual de generación y en el desarrollo de herramientas de evaluación y gestión.

Se identificaron 89 cultivos en el estado con potencial para generar RSAO, de los cuales se logró calcular el coeficiente de generación para 60. En conjunto, estos cultivos producen un total estimado de 2,862,218.48 toneladas de residuos orgánicos por año, evidenciando la magnitud del problema y la urgencia de su gestión adecuada.

El análisis estadístico y la aplicación del Índice de Relevancia (IDR) permitieron identificar a los Cultivos Significativos de Morelos (CSMOR), conformados por cuatro cultivos principales: caña de azúcar, nopalitos, maíz de grano y tomate rojo (jitomate). Estos cultivos concentran el mayor volumen de RSAO, siendo la caña de azúcar responsable del 65.56% del total, seguida por los nopalitos con 7.85%, el maíz con 7.51% y el jitomate con 0.21%.

La generación promedio de residuos por cultivo fue de 48,512.17 toneladas anuales, y se identificó que el 98.81% de las unidades productivas de los CSMOR superan las 10 toneladas de generación anual, lo que de acuerdo con la NOM-161-SEMARNAT-2011 las obliga a contar con un Plan de Manejo (PM) de residuos.

La incorporación de herramientas de evaluación para la generación de indicadores ambientales como la metodología Presión-Estado-Respuesta (PER) permitió dimensionar los impactos ambientales derivados de la actividad agrícola y visualizar el potencial de respuesta ante los mismos. Los indicadores de presión, como la producción por cultivo, la superficie agrícola y el consumo de fertilizantes, mostraron una correlación directa con la generación de RSAO. En contraste, los indicadores de estado, representados por el volumen de residuos generados, evidenciaron un alto nivel de acumulación sin aprovechamiento, mientras que los indicadores de respuesta, como el volumen teórico de compostaje (vtc), demostraron el potencial de valorización orgánica de los residuos.

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) permitió comparar dos escenarios: la gestión convencional, basada en la disposición o quema de residuos y el uso intensivo de fertilizantes sintéticos, y un escenario alternativo de reciclaje orgánico mediante compostaje. Los resultados evidencian que la

reintegración de RSAO como composta puede sustituir completamente la demanda de fertilizantes químicos. En los CSMOR, el volumen teórico de composta (vtc) alcanzó 175,247.77 toneladas anuales, superando ampliamente la necesidad de fertilizante químico estimada.

La estrategia de compostaje es técnica y ambientalmente viable, ya que permite cerrar el ciclo de nutrientes, reducir la dependencia de insumos industriales y disminuir la emisión de gases de efecto invernadero asociados tanto a la producción de fertilizantes como a la descomposición incontrolada de residuos.

El municipio de Jojutla se seleccionó como zona piloto para el diseño de herramientas de gestión, debido a su alta concentración agrícola y al mayor volumen de RSAO en el estado, principalmente derivados de la caña de azúcar, maíz y nopalitos. Esta propuesta, desarrollada a nivel municipal, representa un modelo escalable y replicable para otros territorios con características productivas similares. Su implementación permitiría cumplir con las disposiciones establecidas en la NOM-161-SEMARNAT-2011, fortalecer el marco de gestión ambiental del sector agrícola y contribuir al cumplimiento de los compromisos nacionales en materia de economía circular y reducción de emisiones.

Junto con el PM, se desarrolló un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) como herramienta complementaria para garantizar la implementación, seguimiento y mejora continua del manejo integral propuesto. El SGA, alineado con los principios esenciales de la ISO 14001:2015 y adaptado a las características del sector agrícola, proporciona una estructura organizacional que define roles, responsabilidades, mecanismos de comunicación y procesos de planificación ambiental. Al igual que el PM, este SGA se aplicó al municipio de Jojutla como entidad piloto, lo que permitió integrar coherentemente ambas herramientas y consolidar un marco operativo que puede replicarse en otros municipios del estado.

Los resultados de esta investigación confirman la viabilidad técnica, ambiental y económica de un manejo integral de los RSAO en Morelos. Las herramientas proporcionan una base metodológica sólida para la toma de decisiones informadas en materia de sustentabilidad agrícola.

XII. PERSPECTIVAS

De acuerdo con los resultados obtenidos, se identifican diversas líneas de trabajo que permiten fortalecer y ampliar el manejo integral de los RSAO.

Se reconoce la importancia de desarrollar un análisis de factibilidad económica y social que complemente la viabilidad técnica y ambiental demostrada. La evaluación de costos de implementación, operación y mantenimiento de las estrategias de compostaje, así como el análisis de beneficios económicos asociados (como la reducción en la compra de fertilizantes sintéticos) permitirían valorar la viabilidad real de adopción por parte de productores y autoridades locales. Por otra parte, incorporar una dimensión social facilitaría analizar la aceptación de estas estrategias y la participación de los actores involucrados.

Se sugiere profundizar en las características específicas de los cultivos identificados como significativos, particularmente en relación con su composición y capacidad de compostaje. El análisis detallado de parámetros como la relación carbono-nitrógeno, el contenido de humedad y la biodegradabilidad de los residuos permitiría optimizar los procesos de compostaje y mejorar la calidad del producto final, ajustando las estrategias de manejo a las particularidades de cada cultivo.

De igual manera, se plantea evaluar la implementación piloto del PM y del SGA propuestos, con el fin de medir su desempeño en condiciones reales de operación. Esto permitiría generar indicadores de seguimiento, identificar áreas de mejora y fortalecer la replicabilidad del modelo en otros municipios o regiones con características productivas similares.

Finalmente, se sugiere explorar la integración del manejo de RSAO dentro de políticas públicas locales y estatales orientadas a la economía circular y la mitigación del cambio climático, lo que contribuiría a consolidar un enfoque sistémico y de largo plazo para la gestión sustentable de los residuos agrícolas en el estado.

XIII. REFERENCIAS

- AGEXPORT (2022) Albahaca, *Ocimum basilicum*. Unión Europea.
<https://www.export.com.gt/documentos/guia-de-cultivos/guia-de-cultivo-de-albahaca.pdf>
- Anaya-Esparza, L. M., Mora, Z. V. D. L., Vázquez-Paulino, O., Ascencio, F., & Villarruel-López, A (2021). Bell peppers (*Capsicum annum* L.) losses and wastes: Source for food and pharmaceutical applications. *Molecules*, 26(17), 5341.
- Banco Mundial (2023) Agricultura y alimentos. Banco Mundial
<https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/overview#:~:text=La%20agricultura%20puede%20ayudar%20a,dedican%20principalmente%20a%20labores%20agr%C3%A4Dcolas>
- Barbaro, L. A (2022). Compostaje de residuos orgánicos. Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul, INTA.
- Bohórquez Santana, W (2019). El proceso de compostaje (Vol. 1). Universidad de la Salle.
- Bojórquez-Velázquez, E., Talamantes-Herrera, F. A., Valles, S., Cerritos-Castro, I. T., & de la Rosa, A. P. B (2021). Molecular characterisation of seed storage proteins (SSPs) in Grain Amaranth. In *The Amaranth Genome* (pp. 55-79). Cham: Springer International Publishing.
- Brown, T (2008). Design thinking. *Harvard business review*, 86(6), 84.
- Capacho-Mogollón, A. E., Flórez-Delgado, D. F., & Hoyos-Patiño, J. F (2018). Biomasa y calidad nutricional de cuatro variedades de alfalfa para introducir en Pamplona, Colombia. *Ciencia y Agricultura*, 15(1), 61-67.
- Castro-Garzón, H., Contreras, E. J., & Rodríguez, J. P (2020). Análisis ambiental: impactos generados por los residuos agrícolas en el municipio de El Dorado (Meta, Colombia). *Revista ESPACIOS*. ISSN, 798, 1015.
- CEDAIT (2021) Eficiencia de procesos en la agricultura de precisión. Centro de Desarrollo Agrobiotecnológico de Innovación e Integración Territorial (CEDAIT)
<https://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/c5294813-6356-4263-abe3->

[a29e8f630a5f/CAVH%2809-04-2021%29-](https://doi.org/10.1080/096708799227996)

[Boleti%CC%81n+Eficiencia+de+procesos+en+la+agricultura+de+precisio%CC%81n.+F
lores.pdf?MOD=AJPERES&CVID=nzS22rN](https://doi.org/10.1080/096708799227996)

- Chattopadhyay, Chirantan (1999). Yield loss attributable to *Alternaria* blight of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in India and some potentially effective control measures. *International Journal of Pest Management*. 45. 15-21. 10.1080/096708799227996.
- Chun, K. S., Yeng, C. M., May, C. P., Yeow, T. K., Kiat, O. T., & How, C. K (2020). Effect of coupling agent content on properties of composites made from polylactic acid and chrysanthemum waste. *Journal of Vinyl and Additive Technology*, 26(1), 10-16.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) (2013) Manual para el Diseño y la Construcción de Indicadores. Instrumentos principales para el monitoreo de programas sociales de México. CONEVAL. https://www.coneval.org.mx/Informes/Coordinacion/Publicaciones%20oficiales/MANUAL_PARA_EL_DISENO_Y_CONTRUCCION_DE_INDICADORES.pdf
- Consejo Regulador del Tequila (CRT) (2022) Estrategia de sostenibilidad y la vulnerabilidad de la Denominación de Origen del Tequila ante el cambio climático. Consejo Regulador del Tequila. https://www.crt.org.mx/images/documentos/CRT_Maqueta_V02-211123_cover.pdf
- Cortbaoui P. E. and Ngadi M. O (2018.) Quantifying quality changes in dark purple eggplant as affected by fluctuating storage conditions and wrapping materials. *Journal of Postharvest Technology*, 6(3): 1-17.
- Cubero-Cardoso, J., Serrano, A., Trujillo-Reyes, Á., Villa-Gómez, D. K., Borja, R., & Feroso, F. G (2020). Valorization Options of Strawberry Extrudate Agro-Waste A Review. *Innovation in the food sector through the valorization of food and agro-food by-products*.
- Divakaran, D., Suyambulingam, I., Sanjay, M. R., Raghunathan, V., Ayyappan, V., & Siengchin, S (2024). Isolation and characterization of microcrystalline cellulose from an agro-waste tamarind (*Tamarindus indica*) seeds and its suitability investigation for biofilm formulation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 254, 127687.

- FAO (2010) Sostenibilidad Financiera para Áreas Protegidas en América Latina. Food and Agriculture Organization (FAO). <http://www.fao.org/3/i1670s/i1670s.pdf>
- FAO (2013). Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. Food and Agriculture Organization (FAO). <https://www.fao.org/3/i3388s/I3388S.pdf>
- Garmendia, M (2021). Estimación de la generación de residuos y subproductos en la industria alimentaria en Navarra. Universidad Pública de Navarra. <https://academica-e.unavarra.es/server/api/core/bitstreams/19999b76-581d-4c65-b06b-b15a6aa17044/content>
- Gaudin, Y (2020) Los intermediarios en cadenas de valor agropecuarias. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/24a6b1f0-f8e5-43d9-8e34-e334c7691a1d/content>
- Gobierno de Morelos (2023). Morelos ocupa el cuarto lugar nacional de superficie con uso de suelo de vocación agropecuaria. Portal Ciudadano de Morelos. <https://morelos.gob.mx/?q=prensa/nota/morelos-ocupa-el-cuarto-lugar-nacional-de-superficie-con-uso-de-suelo-de-vocacion>
- Gunawan, H., Puspitawati, M. D., & Sumiasih, I. H (2020). Pemanfaatan Pupuk Organik Limbah Budidaya Belimbing Tasikmadu Tuban Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Produksi Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Jurnal Bioindustri (Journal Of Bioindustry)*, 2(1), 413-425.
- Harun, S. N., Hanafiah, M. M., & Noor, N. M (2022). Rice straw utilisation for bioenergy production: A brief overview. *Energies*, 15(15), 5542.
- Hernández, j. B., lara, v. F., & lópez, m. G. R (2021). Estudio de residuos agrícolas como alternativa de combustible renovable. *Innovación tecnológica*, 57.
- IICA (2016). Estudio revela que la productividad agrícola debe aumentar 1.75 % cada año para alimentar el mundo en el 2050. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <https://iica.int/es/prensa/noticias/estudio-revela-que-la-productividad-agr%25C3%25ADcola-debe-aumentar-175-cada-a%25C3%25B1o-para>

- INEGI (2022) Resultados Oportunos del Estado de Morelos. Gobierno de México. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/cagf/2022/doc/CA2022_ROMOR.pdf
- Jurado-Erazo, D. K. , Tulcán-Cuasapud, Y. A. , & Rojas González, A. F (2023). Perspectivas de valorización de residuos de frutas a partir de sus características físicas: . Ciencia Y Tecnología Agropecuaria, 24(1). https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num1_art:3016
- Kuethe, T (2018) Business and credit cycle in agriculture. United States Department of Agriculture (USDA). <https://www.usda.gov/sites/default/files/documents/KUETHE.pdf>
- MacArthur, E (2017). Circular economy. Dostupno na: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/what-is-the-circulareconomy>
- Mateus, A. R. S., Pena, A., Sendón, R., Almeida, C., Nieto, G. A., Khwaldia, K., & Silva, A. S (2023). By-products of dates, cherries, plums and artichokes: A source of valuable bioactive compounds. Trends in Food Science & Technology, 131, 220-243.
- Mieldazys, Ramunas & Jotautienė, Eglė & Pocius, A. & Algirdas, Jasinskas (2016). Analysis of organic agricultural waste usage for fertilizer production. 14. 143-149.
- Milenova Zehireva, Y (2023). Estudio de la vaina de haba (*Vicia faba* L.) en polvo como una fuente prometedora de componentes bioactivos potencialmente funcionales (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de la República de Colombia (2012) Biblioteca Agropecuaria de Colombia. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12877/44059_56135.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Nava-Pacheco, D., Juárez-García, I. A., Landeta-Escamilla, O., Del Moral, S., Rosas-Mendoza, E. S., & Orizaba, V (2019). Potencial bioenergético a partir de residuos agroindustriales del estado de Veracruz. Título Páginas, 53.
- Nejeliski, D. M (2022). Uso de residuos de porongo (*Lagenaria siceraria*) para a produção de revestimentos modulares e painéis de partículas. Universidad Federal de Rio Grande do Sul. Programa de Postgrado en Diseño. <http://hdl.handle.net/10183/255135>

- Nodola, P., Miya, G. M., Mazwi, V., Oriola, A. O., Oyedeji, O. O., Hosu, Y. S., Kuria, S. K., & Oyedeji, A. O (2024). Citrus limon Wastes from Part of the Eastern Cape Province in South Africa: Medicinal, Sustainable Agricultural, and Bio-Resource Potential. *Molecules* (Basel, Switzerland), 29(7), 1675. <https://doi.org/10.3390/molecules29071675>
- Núñez Rodríguez, J. J., Carvajal Rodríguez, J. C., Carrero Carreño, D. M., & Mendoza Ferreira, O (2018). Indicadores del impacto del cambio climático en la agricultura familiar andina colombiana.
- Olennikov, D. N., & Kashchenko, N. I (2023). Green waste from cucumber (*Cucumis sativus* L.) cultivation as a source of bioactive flavonoids with hypolipidemic potential. *Agronomy*, 13(9), 2410.
- Pérez-Zavala, M. D. L., Hernández-Arzaba, J. C., Bideshi, D. K., & Barboza-Corona, J. E (2020). Agave: a natural renewable resource with multiple applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(15), 5324-5333.
- Puel, D (2020). Desde el residuo: al rescate de la cáscara de nuez. [Tesis Pregrado, Universidad de Chile.cl.] <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/178074>
- Quezada, U. Q (2018). Producción orgánica sostenible y su demanda en el mundo al 2030. *Kuntur*, 6, 06-11.
- Ramírez, J (2020). Caracterización fisicoquímica de goma de semilla de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.). Universidad de Chapingo. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/e72ff392-4254-48ac-b78b-6c385ff6713d/content>
- Raya, H. A., García, P. E. E., Chavira, M. E. E., Soto, F. P., & López, K. E. M (2023). La composta como reductor de gases de efecto invernadero en el sector agrícola: una revisión integral. *ITEA, información técnica económica agraria: revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA)*, 119(1), 2-18.
- Ren, H., Yuan, Y., Labidi, A., Dong, Q., Zhang, K., Lichtfouse, E., ... & Wang, C (2023). Green process of biomass waste derived fluorescent carbon quantum dots for biological imaging in vitro and in vivo. *Chinese Chemical Letters*, 34(6), 107998.

- Rodrigues Viana, L., Dessureault, P. L., Marty, C., Boucher, J. F., & Paré, M. C (2023). Life Cycle Assessment of Oat Flake Production with Two End-of-Life Options for Agro-Industrial Residue Management. *Sustainability*, 15(6), 5124.
- Rohr, S., Mounter, S., Fleming, E., & Griffith, G (2020). Loss and waste in the Australian fresh apple value chain. In *International Journal on Food System Dynamics, Proceedings of the 14th Food Systems Dynamics Forum*. CentMa GmbH.
- Rosas-Vázquez, E. G., Zamora-Hernández, A., & González-López, G. I (2022). Inventario de Residuos Sólidos del Valle del Mezquital, Hidalgo. *Tendencias en energías renovables y sustentabilidad*, 1(1), 130-139.
- Sales, D (2023). Retos de la Agricultura en Morelos. Universidad de Medio Ambiente. <https://umamexico.com/retos-de-la-agricultura-en-morelos/>
- Sánchez, M., Laca, A., Laca, A., & Díaz, M (2021). Value-Added Products from Fruit and Vegetable Wastes: A Review. *CLEAN – Soil, Air, Water*, 49(8), 2000376. doi:10.1002/clen.202000376
- Sarandón, S (2020) El papel de la agricultura en la Transformación Social-Ecológica de América Latina. Friedrich-Ebert-Stiftung (FES) <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/mexiko/16550.pdf>
- Sarwanto D, Tuswati S E and Prayitno C H 2024 The substitution of sweet potatoes (Ipomoea batatas) plant waste as indigenous forage replacement for goat feeding in the limestone mining area. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 36, Article #29. Retrieved October 21, 2024, from <http://www.lrrd.org/lrrd36/3/3629doso.html>
- Secretaría de Agricultura, ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (2015) Plan de manejo de residuos generados en actividades agrícolas primera etapa: diagnóstico nacional. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346963/Manejo_de_Residuos_Reporte_Ejecutivo.pdf

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2018). ¿Cómo beneficia la agricultura a las familias mexicanas? Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/como-beneficia-la-agricultura-a-las-familias-mexicanas>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2011). Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, Clasificación y código de identificación de residuos de manejo especial. Diario Oficial de la Federación.

Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET) (2015). MODELOS DE GESTIÓN AMBIENTAL EN LOS SECTORES PRODUCTIVOS DE JALISCO. Gobierno de Jalisco. https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/modelos_de_gestion_a_mbiencial.pdf

SECTEI (2023) RESIDUOS DE NOPAL PARA MEJORAR LOS SUELOS AGRÍCOLAS. Secretaría de Educación, Ciencia y Tecnología. <https://www.sectei.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/residuos-de-nopal-para-mejorar-los-suelos-agricolas>

Serna, S. C (2023). Aprovechamiento de los residuos del aguacate hass. Corporación Universitaria Minuto de Dios) <https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/f92ba7ffe18f-4c79-ade2-b8cd26d9a9a9/content>

SIAP (2023) Panorama de la frontera agrícola en Morelos. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/845816/Panorama_FA_2023_MOR.pdf

SIASEG, (2021) Modelo PER. Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato. <https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/micro/siaseg/modeloper.php#:~:text=E1%20modelo%20de%20Presi%C3%B3n%20DEstado,ser%20social%2C%20econ%C3%B3mico%20o%20ambiental>

Soares, I. S., Perrechil, F., Grandis, A., Pagliuso, D., Purgatto, E., de Oliveira, L. A., & Cavalari, A. A (2024). Cassava waste (stem and leaf) analysis for reuse. Food Chemistry Advances, 4, 100675.

Tóth Szita, K (2017). the Application of Life Cycle Assessment in Circular Economy.

Tóth Szita, Klára (2017) THE APPLICATION OF LIFE CYCLE ASSESSMENT IN CIRCULAR ECONOMY. HUNGARIAN AGRICULTURAL ENGINEERING, 31. pp. 5-9. ISSN 0864-7410

Ugalde Araya, D (2021). Diagnóstico de pérdidas de un producto agroindustrial hortofrutícola en un estudio de caso bajo el marco del programa de abastecimiento institucional de CNP de San Carlos.

USDA (2023) FAQ's. United States Department of Agriculture.
<https://www.usda.gov/foodwaste/faqs>

Waghmare, R. B., & Annapure, U. S (2015). Integrated effect of sodium hypochlorite and modified atmosphere packaging on quality and shelf life of fresh-cut cilantro. Food Packaging and Shelf Life, 3, 62-69.

Zhang, Y., Cheng, X., Wang, Z., Tahir, M. H., Wang, Z., Wang, X., & Wang, C (2022). Full recycling of high-value resources from cabbage waste by multi-stage utilization. Science of The Total Environment, 804, 149951.

XIV. ANEXOS

I. ANEXO 1. ANÁLISIS DE CULTIVOS DEL ESTADO

Cultivo	Producción (ton)	UP	Producción (\$miles de pesos)	Siembra (ha)	Fin de consumo
Agapando	2,350.0	2	651.97	5.5	Ornamental
Agave	7,418.7	11	70,891.74	369.7	Industrial
Aguacate	52,668.8	16	1,082,099.38	5713	Alimentos
Albahaca	341.5	8	1,710.38	50	Alimentos
Alfalfa verde	13,112.0	10	11,745.92	148	Forrajero
Amaranto	9.8	1	151.90	7	Alimentos
Arroz palay	9,245.5	15	48,880.00	886.5	Alimentos
Avena forrajera en verde	45,849.8	6	40,424.00	2930	Forrajero
Bangaña	43.3	2	227.10	5	Industrial
Berenjena	154.6	4	806.08	13	Alimentos
Cacahuate	1,889.5	19	36,918.31	972	Alimentos
Café cereza	37.3	3	180.41	26.6	Alimentos
Caimito	14.6	1	62.87	2	Alimentos
Calabacita	18,296.7	57	83,147.30	1274.5	Alimentos
Calabaza semilla	33.2	3	830.72	25	Alimentos
Camote	1,892.1	5	10,798.49	172	Alimentos
Caña de azúcar	1,993,631.7	21	1,862,746.89	22744	Industrial
Carambolo	115.4	1	908.46	7	Alimentos
Cebolla	78,872.0	32	553,538.62	2784.5	Alimentos
Chícharo	56.9	3	415.07	15	Alimentos
Chilacayote	707.4	5	2,660.77	60	Alimentos
Chile verde	1,306.6	17	10,288.99	117	Alimentos
Chirimoya	90.7	4	626.27	10.8	Alimentos
Cilantro	908.6	4	4,889.44	65	Alimentos
Ciruela	3,045.3	7	14,783.83	426.2	Alimentos
Col (repollo)	44.0	1	162.12	4	Alimentos
Crisantemo (gruesa)	99,245.0	5	17,375.20	66.5	Ornamental
Durazno	4,712.3	8	52,233.03	573	Alimentos
Ebo (janamargo o veza)	1,910.0	3	1,357.24	274	Forrajero
Ejote	27,315.2	20	257,670.70	2536.5	Alimentos
Elote	174,068.8	35	446,164.96	9699	Alimentos
Especias y medicinales	629.6	3	3,466.61	98	Alimentos
Fresa	112.8	1	1,265.70	8	Alimentos
Frijol	1,176.2	46	15,672.97	745	Alimentos
Girasol flor	4,285.0	2	1,403.27	5	Ornamental
Gladiola	707,745.0	20	169,262.73	576	Ornamental
Granada	1,643.5	3	13,081.91	261	Alimentos
Guaje	7,376.8	9	31,753.34	496.5	Alimentos
Guayaba	111.3	6	569.45	16.5	Alimentos

Cultivo	Producción (ton)	UP	Producción (\$miles de pesos)	Siembra (ha)	Fin de consumo
Haba grano	206.8	3	1,464.86	55	Alimentos
Haba verde	308.1	5	1,633.67	50	Alimentos
Higo	3,428.4	15	130,453.99	505.5	Alimentos
Huauzontle	19.8	2	64.56	5	Alimentos
Jamaica	27.7	2	1,245.56	29	Alimentos
Jatropha	877.7	16	3,124.76	290	Ornamental
Jícama	27,488.1	14	138,068.27	867	Alimentos
Limón	4,876.9	23	46,103.90	421	Alimentos
Litchi	28.8	1	218.02	4.5	Alimentos
Maíz grano	191,449.9	83	1,139,571.83	38867.5	Alimentos
Mamey	304.4	2	2,207.98	23.2	Alimentos
Mandarina	136.4	2	400.60	8	Alimentos
Mango	5,006.2	17	17,228.13	337.5	Alimentos
Manzana	122.3	3	842.58	9.4	Alimentos
Manzanilla	94.0	1	414.05	20	Alimentos
Nanche	257.3	5	1,065.24	33.5	Alimentos
Naranja	4,924.5	10	17,458.38	185.7	Alimentos
Nardo	213,055.0	14	54,017.90	181	Ornamental
Nochebuena	7,073,647.0	6	311,072.81	119	Ornamental
Nopalitos	406,608.7	4	1,302,066.91	4219	Alimentos
Nuez	40.4	3	1,169.54	11	Alimentos
Okra	4,166.1	6	21,282.69	360	Alimentos
Papa	2,278.1	1	13,039.07	95	Alimentos
Pápalo	920.4	2	2,533.55	70	Alimentos
Papaya	3,200.9	8	20,302.44	96	Alimentos
Pasto tapete	1,768,040.0	9	49,069.81	179	Ornamental
Pastos y praderas	22,172.9	13	14,999.00	1608.3	Forrajero
Pepino	63,075.4	52	372,643.10	1673	Alimentos
Pera	2,085.9	3	13,547.25	341	Alimentos
Pitaya	94.2	1	2,297.63	15	Alimentos
Plátano	279.0	1	1,407.85	9	Alimentos
Polar	9,093.0	1	1,173.00	7	Ornamental
Rábano	508.5	4	3,954.54	21	Alimentos
Rosa	689,990.0	9	122,617.36	300.5	Ornamental
Sábila	4,227.0	7	16,130.02	74.7	Alimentos
Sandía	1,734.7	8	7,905.83	85	Alimentos
Semilla de caña de azúcar	93,319.4	3	99,761.75	710	Industrial
Sorgo forrajero en verde	13,531.7	7	6,890.81	313	Forrajero
Sorgo grano	181,717.8	40	928,351.37	30576.5	Alimentos
Tamarindo	98.9	5	525.50	26.2	Alimentos
Terciopelo	15,225.0	1	837.38	15	Ornamental
Tomate rojo (jitomate)	169,352.0	58	1,190,829.30	2703	Alimentos

Cultivo	Producción (ton)	UP	Producción (\$miles de pesos)	Siembra (ha)	Fin de consumo
Tomate verde	23,442.6	40	127,211.01	1633	Alimentos
Toronja (pomelo)	79.5	1	224.82	3	Alimentos
Trigo grano	518.0	2	2,268.83	145	Alimentos
Verdolaga	2,818.4	2	11,499.78	203	Alimentos
Yuca alimenticia	1,443.7	8	5,506.21	114	Alimentos
Zapote	360.3	2	1,873.51	28.3	Alimentos
Zarzamora	39.6	1	472.89	14	Alimentos
Zempoalxochitl	510.8	4	3,502.75	48	Ornamental
Total general	14,269,699	949	11,064,376.72	141896.6	

II. ANEXO 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA PARA DETERMINAR CG

Cultivo	prMX	peMX	cp	Autor	cna	Autor	cg
Agapando	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Agave	-	-	1.200	Pérez, 2020	0.400	CRT,2022	1.60
Aguacate	2529581.4	211847.75	0.084	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.300	SERNA, 2023	0.38
Albahaca	-	-	0.875	AGEXPORT, 2022	0.008	AGEXPORT, 2022	0.88
Alfalfa verde	13112	760.2	0.058	SAGARPA.2015	0.980	Capacho et al, 2018	1.04
Amaranto	-	-	0.030	Bojórquez et al, 2021	0.950	Bojórquez et al, 2021	0.98
Arroz palay	246988.64	20158.36	0.082	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.469	Harun et al, 2022	0.55
Avena	104825.51	2991.08	0.029	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.540	Rodrigues et al, 2023	0.57
Bangaña	-	-	0.500	Nejeliski, 2022	0.350	Nejeliski, 2022	0.85
Berenjena	108358.12	3250.74	0.030	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.100	Cortbaoui et al, 2018	0.13
Cacahuate	111152	7968.42	0.072	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.300	Hernández et al, 2021	0.37
Café cereza	181706.42	8976.99	0.049	FAOSTAT, (2022a,2022b)	1.100	SAGARPA,2015	1.15
Caimito	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Calabacita	729200.93	61179.4	0.084	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.123	Rosas,2022	0.21
Calabaza semilla	729200.93	61179.4	0.084	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.123	Rosas,2022	0.21
Camote	81094.92	6035	0.074	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.500	Sarwanto et al, 2024	0.57
Caña de azúcar	55279459	11055890	0.200	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.700	SAGARPA,2015	0.90
Carambolo			0.080	Gunawan et al, 2020	0.200	Gunawan et al, 2020	0.28
Cebolla	98936.74	4919.13	0.050	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.190	Garmendia,2021	0.24
Chícharo	73539.44	6209.46	0.084	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.123	Rosas,2022	0.21
Chilacayote	729200.93	61179.4	0.084	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.123	Rosas,2022	0.21
Chile verde	3113244.3	260764.76	0.084	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.400	Anaya et al, 2021	0.48
Chirimoya	-	-	0.086	Ramírez, 2020	0.058	Ramírez, 2020	0.14
Cilantro	138139.9	6771.72	0.049	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.300	Waghmare, 2015	0.35
Ciruela	88162.96	7122.47	0.081	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.146	Mateus et al, 2023	0.23
Col (repollo)	245812.92	21971.33	0.089	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.300	Zhang et al, 2022	0.39
Crisantemo	240.648	29.6	0.123	Chun et al,2020	0.280	Chun et al,2020	0.40
Durazno	238042.37	19306.46	0.081	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.114	Ren et al, 2021	0.20
Ebo	110607.68	5215.59	0.047	FAOSTAT, (2022a,2022b)	S.I	S.I	S.I

Cultivo	prMX	peMX	cp	Autor	cna	Autor	cg
Ejote	73539.44	6209.46	0.084	FAOSTAT, (2022a,2022b)	S.I	S.I	S.I
Elote	26625694	1166000	0.044	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.460	SAGARPA,2015	0.50
Especias y medicinales	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Fresa	568271.93	48037.29	0.085	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.070	Cubero et al, 2020	0.15
Frijol	1002447.6	50000	0.050	FAOSTAT, (2022a,2022b)	1.500	SAGARPA,2015	1.55
Girasol flor	-	-	0.200	Chattopadhyay,1999	0.497	Chattopadhyay,1999	0.70
Gladiola	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Granada	-	-	0.347	Jurado et al, 2023	0.280	Jurado et al, 2023	0.63
Guaje	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Guayaba	2485545.6	208179.25	0.084	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.087	Jurado et al, 2023	0.17
Haba grano	40288.48	1841.07	0.046	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.700	Milenova, 2023	0.75
Haba verde	84138.44	7045.31	0.084	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.700	Milenova, 2023	0.78
Higo	11724.99	767.97	0.065	FAOSTAT, (2022a,2022b)	S.I	S.I	S.I
Huauzontle	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Jamaica	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Jatropha	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Jícama	1870129	140187.44	0.075	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.210	Garmendia,2021	0.28
Limón	3102045.9	260626.61	0.084	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.390	Nodola et al, 2024	0.47
Litchi	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Maíz grano	26625694	1166000	0.044	FAOSTAT, (2022a,2022b)	1.080	SAGARPA,2015	1.12
Mamey	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Mandarina	515083.98	43309.11	0.084	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.160	Sánchez et al, 2021	0.24
Mango	2485545.6	208179.25	0.084	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.230	Jurado et al, 2023	0.31
Manzana	817805.96	67775.81	0.083	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.040	Rohr et al, 2020	0.12
Manzanilla	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Nanche	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Naranja	4850083	405873.03	0.084	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.247	Jurado et al, 2023	0.33
Nardo	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Nochebuena	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Nopalitos	-	-	0.020	SECTEI,2023	0.533	SECTEI,2023	0.55

Cultivo	prMX	peMX	cp	Autor	cna	Autor	cg
Nuez	176892.92	9447.86	0.053	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.510	Puel, 2020	0.56
Okra	39409.86	3858.17	0.098	FAOSTAT, (2022a,2022b)	S.I	S.I	S.I
Papa	1870129	140187.44	0.075	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.210	Garmendia,2021	0.28
Pápalo	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Papaya	1139121.1	95400.25	0.084	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.268	Jurado et al, 2023	0.35
Pasto tapete	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Pastos y praderas	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Pepino	1078210.5	53910.96	0.050	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.400	Oleennikov et al, 2023	0.45
Pera	26379.69	7377.67	0.280	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.120	Nava et al, 2019	0.40
Pitaya	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Plátano	2600601.5	217096.76	0.083	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.400	Jurado et al, 2023	0.48
Polar (gruesa)	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Rábano	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Rosa	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Sábila	-	-	1.200	Pérez, 2020	0.002	Pérez, 2020	1.20
Sandía	1147497.6	96226.68	0.084	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.350	Nava e t al, 2019	0.43
Sorgo forrajero	4754169.1	246000	0.052	FAOSTAT, (2022a,2022b)	1.010	SAGARPA,2015	1.06
Sorgo grano	4754169.1	246000	0.052	FAOSTAT, (2022a,2022b)	1.010	SAGARPA,2015	1.06
Tamarindo	-	-	0.440	Divakaran et al, 2024	0.600	Divakaran et al, 2024	1.04
Terciopelo	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Tomate rojo	4207889.2	298354.5	0.071	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.050	Garmendia,2021	0.12
Tomate verde	-	-	0.780	Araya,2020	0.300	Araya,2020	1.08
Toronja	489100.97	40965.26	0.084	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.160	Sánchez et al, 2021	0.24
Trigo grano	3578244.4	40000	0.011	FAOSTAT, (2022a,2022b)	1.700	SAGARPA,2015	1.71
Verdolaga	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Yuca alimenticia	236670.56	17760.09	0.075	FAOSTAT, (2022a,2022b)	0.500	Soares et al, 2024	0.58
Zapote	-	-	0.400	Jurado et al, 2023	0.200	Jurado et al, 2023	0.60
Zarzamora	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I
Zempoalxochitl	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I	S.I

III. ANEXO 3. MATRIZ PARA ESTIMACIÓN CC DE LAS UP DE LAS CSMOR.

C	up	pr	cg	gRSAO	fc	vte	CC
CA	24	2,086,951.09	0.90	1,878,255.98	0.45	845,215.19	0.41
U	1	25,714.00	0.90	23,142.60	0.45	10,414.17	0.41
U	2	183,040.00	0.90	164,736.00	0.45	74,131.20	0.41
U	3	80,770.00	0.90	72,693.00	0.45	32,711.85	0.41
U	4	266,385.00	0.90	239,746.50	0.45	107,885.93	0.41
U	5	158,752.00	0.90	142,876.80	0.45	64,294.56	0.41
U	6	58,149.00	0.90	52,334.10	0.45	23,550.35	0.41
U	7	10,539.50	0.90	9,485.55	0.45	4,268.50	0.41
U	8	14,542.40	0.90	13,088.16	0.45	5,889.67	0.41
U	9	36,898.00	0.90	33,208.20	0.45	14,943.69	0.41
U	10	51,035.25	0.90	45,931.73	0.45	20,669.28	0.41
U	11	11,472.40	0.90	10,325.16	0.45	4,646.32	0.41
U	12	73,872.00	0.90	66,484.80	0.45	29,918.16	0.41
U	13	1,232.00	0.90	1,108.80	0.45	498.96	0.41
U	14	22,760.00	0.90	20,484.00	0.45	9,217.80	0.41
U	15	227,587.50	0.90	204,828.75	0.45	92,172.94	0.41
U	16	136,240.00	0.90	122,616.00	0.45	55,177.20	0.41
U	17	393,000.00	0.90	353,700.00	0.45	159,165.00	0.41
U	18	143,165.00	0.90	128,848.50	0.45	57,981.83	0.41
U	19	27,264.00	0.90	24,537.60	0.45	11,041.92	0.41
U	20	2,903.60	0.90	2,613.24	0.45	1,175.96	0.41
U	21	68,310.00	0.90	61,479.00	0.45	27,665.55	0.41
U	22	29,384.06	0.90	26,445.65	0.45	11,900.54	0.41
U	23	16,965.00	0.90	15,268.50	0.45	6,870.83	0.41
U	24	46,970.38	0.90	42,273.34	0.45	19,023.00	0.41
MG	83	191,449.90	1.12	214,423.89	0.45	96,490.75	0.50
U	25	285.00	1.12	319.20	0.45	143.64	0.50
U	26	1,698.30	1.12	1,902.10	0.45	855.94	0.50
U	27	2,942.10	1.12	3,295.15	0.45	1,482.82	0.50
U	28	195.00	1.12	218.40	0.45	98.28	0.50
U	29	714.00	1.12	799.68	0.45	359.86	0.50
U	30	1,426.20	1.12	1,597.34	0.45	718.80	0.50
U	31	294.00	1.12	329.28	0.45	148.18	0.50
U	32	1,113.00	1.12	1,246.56	0.45	560.95	0.50
U	33	5,205.70	1.12	5,830.38	0.45	2,623.67	0.50
U	34	284.00	1.12	318.08	0.45	143.14	0.50
U	35	1,203.60	1.12	1,348.03	0.45	606.61	0.50
U	36	3,108.00	1.12	3,480.96	0.45	1,566.43	0.50
U	37	340.30	1.12	381.14	0.45	171.51	0.50
U	38	1,310.00	1.12	1,467.20	0.45	660.24	0.50

C	up	pr	cg	gRSAO	fc	vtc	CC
U 39		10,353.90	1.12	11,596.37	0.45	5,218.37	0.50
U 40		30.00	1.12	33.60	0.45	15.12	0.50
U 41		68.90	1.12	77.17	0.45	34.73	0.50
U 42		134.40	1.12	150.53	0.45	67.74	0.50
U 43		19.50	1.12	21.84	0.45	9.83	0.50
U 44		109.20	1.12	122.30	0.45	55.04	0.50
U 45		370.00	1.12	414.40	0.45	186.48	0.50
U 46		204.60	1.12	229.15	0.45	103.12	0.50
U 47		733.80	1.12	821.86	0.45	369.84	0.50
U 48		1,583.20	1.12	1,773.18	0.45	797.93	0.50
U 49		58.80	1.12	65.86	0.45	29.64	0.50
U 50		610.00	1.12	683.20	0.45	307.44	0.50
U 51		399.00	1.12	446.88	0.45	201.10	0.50
U 52		57.50	1.12	64.40	0.45	28.98	0.50
U 53		698.70	1.12	782.54	0.45	352.14	0.50
U 54		932.40	1.12	1,044.29	0.45	469.93	0.50
U 55		108.10	1.12	121.07	0.45	54.48	0.50
U 56		707.20	1.12	792.06	0.45	356.43	0.50
U 57		6,550.00	1.12	7,336.00	0.45	3,301.20	0.50
U 58		38.25	1.12	42.84	0.45	19.28	0.50
U 59		255.00	1.12	285.60	0.45	128.52	0.50
U 60		1,674.00	1.12	1,874.88	0.45	843.70	0.50
U 61		37.50	1.12	42.00	0.45	18.90	0.50
U 62		460.60	1.12	515.87	0.45	232.14	0.50
U 63		480.20	1.12	537.82	0.45	242.02	0.50
U 64		63.45	1.12	71.06	0.45	31.98	0.50
U 65		440.00	1.12	492.80	0.45	221.76	0.50
U 66		451.20	1.12	505.34	0.45	227.40	0.50
U 67		24.60	1.12	27.55	0.45	12.40	0.50
U 68		53.90	1.12	60.37	0.45	27.17	0.50
U 69		804.00	1.12	900.48	0.45	405.22	0.50
U 70		49.50	1.12	55.44	0.45	24.95	0.50
U 71		52.00	1.12	58.24	0.45	26.21	0.50
U 72		3,354.00	1.12	3,756.48	0.45	1,690.42	0.50
U 73		234.00	1.12	262.08	0.45	117.94	0.50
U 74		596.70	1.12	668.30	0.45	300.74	0.50
U 75		5,723.50	1.12	6,410.32	0.45	2,884.64	0.50
U 76		1,123.40	1.12	1,258.21	0.45	566.19	0.50
U 77		49.40	1.12	55.33	0.45	24.90	0.50
U 78		9,237.20	1.12	10,345.66	0.45	4,655.55	0.50
U 79		205.80	1.12	230.50	0.45	103.72	0.50
U 80		27.50	1.12	30.80	0.45	13.86	0.50
U 81		1,612.40	1.12	1,805.89	0.45	812.65	0.50

C	up	pr	cg	gRSAO	fc	vtc	CC
U	82	5,457.60	1.12	6,112.51	0.45	2,750.63	0.50
U	83	9,840.00	1.12	11,020.80	0.45	4,959.36	0.50
U	84	14,886.40	1.12	16,672.77	0.45	7,502.75	0.50
U	85	2,346.10	1.12	2,627.63	0.45	1,182.43	0.50
U	86	25.30	1.12	28.34	0.45	12.75	0.50
U	87	16,363.70	1.12	18,327.34	0.45	8,247.30	0.50
U	88	17.50	1.12	19.60	0.45	8.82	0.50
U	89	47.50	1.12	53.20	0.45	23.94	0.50
U	90	2,429.70	1.12	2,721.26	0.45	1,224.57	0.50
U	91	27.50	1.12	30.80	0.45	13.86	0.50
U	92	92.00	1.12	103.04	0.45	46.37	0.50
U	93	6,008.70	1.12	6,729.74	0.45	3,028.38	0.50
U	94	151.50	1.12	169.68	0.45	76.36	0.50
U	95	283.50	1.12	317.52	0.45	142.88	0.50
U	96	8,381.00	1.12	9,386.72	0.45	4,224.02	0.50
U	97	10,487.90	1.12	11,746.45	0.45	5,285.90	0.50
U	98	116.00	1.12	129.92	0.45	58.46	0.50
U	99	288.00	1.12	322.56	0.45	145.15	0.50
U	100	3,795.80	1.12	4,251.30	0.45	1,913.08	0.50
U	101	6,428.00	1.12	7,199.36	0.45	3,239.71	0.50
U	102	76.70	1.12	85.90	0.45	38.66	0.50
U	103	471.20	1.12	527.74	0.45	237.48	0.50
U	104	12,957.00	1.12	14,511.84	0.45	6,530.33	0.50
U	105	188.80	1.12	211.46	0.45	95.16	0.50
U	106	512.00	1.12	573.44	0.45	258.05	0.50
U	107	18,874.00	1.12	21,138.88	0.45	9,512.50	0.50
NP	4	406,608.70	0.55	223,634.79	0.45	100,635.65	0.25
U	108	5,868.20	0.55	3,227.51	0.45	1,452.38	0.25
U	109	293,304.00	0.55	161,317.20	0.45	72,592.74	0.25
U	110	54,625.00	0.55	30,043.75	0.45	13,519.69	0.25
U	111	52,811.50	0.55	29,046.33	0.45	13,070.85	0.25
TR	58	169,352.00	0.12	20,322.24	0.45	9,145.01	0.05
U	112	675.00	0.12	81.00	0.45	36.45	0.05
U	113	2,912.50	0.12	349.50	0.45	157.28	0.05
U	114	4,872.00	0.12	584.64	0.45	263.09	0.05
U	115	1,410.60	0.12	169.27	0.45	76.17	0.05
U	116	1,185.00	0.12	142.20	0.45	63.99	0.05
U	117	2,166.00	0.12	259.92	0.45	116.96	0.05
U	118	4,443.00	0.12	533.16	0.45	239.92	0.05
U	119	1,368.00	0.12	164.16	0.45	73.87	0.05
U	120	2,234.50	0.12	268.14	0.45	120.66	0.05
U	121	4,701.55	0.12	564.19	0.45	253.88	0.05
U	122	4,166.30	0.12	499.96	0.45	224.98	0.05

C	up	pr	cg	gRSAO	fc	vte	CC
U	123	2,563.00	0.12	307.56	0.45	138.40	0.05
U	124	2,400.00	0.12	288.00	0.45	129.60	0.05
U	125	240.50	0.12	28.86	0.45	12.99	0.05
U	126	2,124.00	0.12	254.88	0.45	114.70	0.05
U	127	2,232.00	0.12	267.84	0.45	120.53	0.05
U	128	1,155.00	0.12	138.60	0.45	62.37	0.05
U	129	1,205.50	0.12	144.66	0.45	65.10	0.05
U	130	1,392.00	0.12	167.04	0.45	75.17	0.05
U	131	2,169.00	0.12	260.28	0.45	117.13	0.05
U	132	75.30	0.12	9.04	0.45	4.07	0.05
U	133	520.00	0.12	62.40	0.45	28.08	0.05
U	134	1,100.40	0.12	132.05	0.45	59.42	0.05
U	135	304.80	0.12	36.58	0.45	16.46	0.05
U	136	303.60	0.12	36.43	0.45	16.39	0.05
U	137	5,008.00	0.12	600.96	0.45	270.43	0.05
U	138	1,168.40	0.12	140.21	0.45	63.09	0.05
U	139	18,392.00	0.12	2,207.04	0.45	993.17	0.05
U	140	790.50	0.12	94.86	0.45	42.69	0.05
U	141	5,520.00	0.12	662.40	0.45	298.08	0.05
U	142	500.00	0.12	60.00	0.45	27.00	0.05
U	143	1,622.20	0.12	194.66	0.45	87.60	0.05
U	144	1,120.00	0.12	134.40	0.45	60.48	0.05
U	145	6,096.00	0.12	731.52	0.45	329.18	0.05
U	146	76.50	0.12	9.18	0.45	4.13	0.05
U	147	10,794.00	0.12	1,295.28	0.45	582.88	0.05
U	148	2,947.80	0.12	353.74	0.45	159.18	0.05
U	149	729.00	0.12	87.48	0.45	39.37	0.05
U	150	2,270.00	0.12	272.40	0.45	122.58	0.05
U	151	150.50	0.12	18.06	0.45	8.13	0.05
U	152	1,237.50	0.12	148.50	0.45	66.83	0.05
U	153	1,039.50	0.12	124.74	0.45	56.13	0.05
U	154	2,675.00	0.12	321.00	0.45	144.45	0.05
U	155	10,794.80	0.12	1,295.38	0.45	582.92	0.05
U	156	5,060.00	0.12	607.20	0.45	273.24	0.05
U	157	1,751.75	0.12	210.21	0.45	94.59	0.05
U	158	7,392.00	0.12	887.04	0.45	399.17	0.05
U	159	1,398.00	0.12	167.76	0.45	75.49	0.05
U	160	5,875.00	0.12	705.00	0.45	317.25	0.05
U	161	1,638.00	0.12	196.56	0.45	88.45	0.05
U	162	1,386.00	0.12	166.32	0.45	74.84	0.05
U	163	2,235.60	0.12	268.27	0.45	120.72	0.05
U	164	3,683.00	0.12	441.96	0.45	198.88	0.05
U	165	122.00	0.12	14.64	0.45	6.59	0.05

C	up	pr	cg	gRSAO	fc	vte	CC
U	166	3,900.00	0.12	468.00	0.45	210.60	0.05
U	167	4,240.60	0.12	508.87	0.45	228.99	0.05
U	168	4,176.00	0.12	501.12	0.45	225.50	0.05
U	169	5,642.80	0.12	677.14	0.45	304.71	0.05

IV. ANEXO 4. METADATOS DE INDICADORES DE PRESIÓN

Parámetro	Descripción
<i>Indicador</i>	1.1 Producción por cultivo (pr)
<i>Factor evaluado</i>	El volumen por cultivo generado durante el año agrícola.
<i>Unidades de medida</i>	Toneladas/año (ton/año)
<i>Forma de cálculo</i>	Reportado por SAGARPA para cada cultivo
<i>Frecuencia</i>	Anual
<i>Limitante</i>	Depende de la actualización y disponibilidad de datos. No considera variaciones no registradas en la producción local.
<i>Justificación</i>	El aumento de la producción agrícola incrementa la demanda de recursos, así como la generación de subproductos orgánicos. La infraestructura para el manejo de residuos se ve presionada, y en caso de ser deficiente puede perpetuar aún más la degradación de suelos
<i>Fuentes de información</i>	SAGARPA, SIAP. <i>Anuario Estadístico de la Producción Agrícola</i> . Disponible en: http://nube.agricultura.gob.mx/cierreagricola/ Fecha de consulta: marzo 2024

Parámetro	Descripción
Indicador	1.2. Superficie agrícola (sup)
Factor evaluado	La superficie sembrada por cultivo considerando el año agrícola
Unidades de medida	Hectáreas (ha)
Forma de cálculo	Reportado por SAGARPA para cada cultivo
Frecuencia	Anual
Limitante	Depende de la actualización y disponibilidad de datos. No considera variaciones no registradas en la producción local.
Justificación	La expansión e intensificación agrícola acelera los procesos de deterioro del suelo. El incremento de presión reduce la fertilidad del suelo y conduce a la apertura de nuevas superficies agrícolas
Fuentes de información	SAGARPA, SIAP. <i>Anuario Estadístico de la Producción Agrícola</i> . Disponible en: http://nube.agricultura.gob.mx/cierreagricola/ Fecha de consulta: marzo 2024

Parámetro	Descripción
Indicador	1.3. Consumo promedio de fertilizante por unidad productiva (\bar{fr})
Factor evaluado	El volumen de fertilizantes químicos aplicados promedio por unidad productiva
Unidades de medida	Toneladas (ton)
Forma de cálculo	$\bar{fr} = ff * \text{hectáreas de la unidad productiva}$
Frecuencia	Anual
Limitante	Depende de la actualización y disponibilidad de datos en el SIAP. No considera variaciones no registradas en la producción local.
Justificación	El uso excesivo libera nitratos y fósforo que contaminan el agua y causan eutrofización, además de generar óxidos de nitrógeno que contribuyen al cambio climático. También pueden contener metales pesados y alterar la salud del suelo a largo plazo.
Fuentes de información	INEGI. <i>Censo Agropecuario 2022</i> . Disponible en: https://www.inegi.org.mx/programas/ca/2022/ Fecha de consulta: marzo 2024 Sagarpa, SIAP. <i>Anuario Estadístico de la Producción Agrícola</i> . Disponible en: http://nube.agricultura.gob.mx/cierreagricola/ Fecha de consulta: marzo 2024

V. ANEXO 5. METADATOS DE INDICADORES DE ESTADO

Parámetro	Descripción
Indicador	1.4 Generación de Residuos Sólidos Agrícolas Orgánicos
Factor evaluado	El volumen de residuos sólidos orgánicos generados de la actividad agrícola por cada cultivo
Unidades de medida	Toneladas/AÑO (ton)
Forma de cálculo	$gRSAO = pr * cg$
Frecuencia	Anual
Limitante	Depende de la actualización y disponibilidad de datos en el SIAP. El coeficiente de generación es un estimado basado en reportes de la literatura, sin embargo, no contempla variaciones por cultivo
Justificación	El incremento de estos residuos puede contribuir a la degradación del suelo, emisión de gases de efecto invernadero y contaminación de cuerpos de agua por lixiviados. El mal manejo de los RSAO representa una pérdida de biomasa potencialmente aprovechable para la producción de composta, desaprovechando oportunidades de economía circular en el sector agrícola.
Fuentes de información	Sagarpa, SIAP. <i>Anuario Estadístico de la Producción Agrícola</i> . Disponible en: http://nube.agricultura.gob.mx/cierreagricola/ Fecha de consulta: marzo 2024

VI. ANEXO 6. METADATOS DE INDICADORES DE RESPUESTA

<i>Indicador</i>	1.5 Volumen Teórico de Compostaje (vtc)
<i>Factor evaluado</i>	El volumen que en teoría puede ser generado a través de un proceso de compostaje por cada unidad
<i>Unidades de medida</i>	Toneladas (ton)
<i>Forma de cálculo</i>	$vtc_{unidad} = gRSAO * fc$
<i>Frecuencia</i>	Anual
<i>Limitante</i>	Depende de la actualización y disponibilidad de datos en el SIAP. El factor de conversión es un estimado reportado en la literatura, sin embargo, no contempla variaciones por cultivo
<i>Justificación</i>	<p>El incremento de estos residuos puede contribuir a la degradación del suelo, emisión de gases de efecto invernadero y contaminación de cuerpos de agua por lixiviados. El mal manejo de los RSAO representa una pérdida de biomasa potencialmente aprovechable para la producción de composta, desaprovechando oportunidades de economía circular en el sector agrícola.</p> <p>Refleja la capacidad potencial de una unidad productiva para implementar prácticas sostenibles de manejo de residuos agrícolas orgánicos. Al estimar cuánta materia orgánica puede ser transformada en composta, se evalúa una estrategia concreta de intervención que contribuye a la mejora del suelo, la reducción de emisiones y la economía circular en el sector agrícola.</p>
<i>Fuentes de información</i>	<p>Sagarpa, SIAP. <i>Anuario Estadístico de la Producción Agrícola</i>. Disponible en: http://nube.agricultura.gob.mx/cierreagricola/ Fecha de consulta: marzo 2024 FAO.</p>

VII. ANEXO 7. PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO PARA JOJUTLA

1. Contexto municipal

1. Caracterización geográfica y demográfica

El municipio de Jojutla, ubicado en la región sur de Morelos, tiene una superficie aproximada de 142 km², equivalente al 3.15% del territorio estatal. Su uso de suelo es mayoritariamente agrícola (66.53%), seguido de un 11.85% urbano y el resto de vegetación (INEGI, 2010).

El clima es cálido subhúmedo, con temperaturas medias de 24 a 26 °C y precipitaciones de 800 a 1,000 mm anuales. El municipio se sitúa en la Sierra Madre del Sur, lo que históricamente ha sido propicio para el desarrollo de actividades agrícolas. Asimismo, su hidrografía pertenece a la región del río Balsas e incluye cuerpos de agua aledaños, como la Laguna de Tequesquitengo, que contribuyen al suministro constante de riego en las zonas productivas. El conjunto de condiciones geográficas favorece la producción de cultivos de alto rendimiento en el municipio (INEGI, 2021)

En términos demográficos, Jojutla es uno de los municipios más poblados del estado, con una población de 57,682 habitantes en 2020, de los cuales el 51.8% son mujeres y el 48.2% hombres. En comparación con 2010, el municipio ha mantenido un crecimiento sostenido, lo cual, plantea desafíos significativos en materia de planeación urbana y gestión de infraestructura (INEGI, 2021).

Desde la perspectiva socioeconómica, el sector primario representó en 2020 el 3.7% del Producto Interno Bruto (PIB) estatal. La relevancia del sector trasciende las cifras, ya que constituye una fuente de empleo esencial, sobre todo en áreas rurales. En Morelos, 390,095 personas se dedicaban a actividades agropecuarias según el Censo Agropecuario 2022 (CA22), lo que confirma que la agricultura mantiene un papel esencial en la estructura productiva (INEGI, 2021).

2. Importancia agrícola

De acuerdo con el CA22 Jojutla cuenta con 27 unidades productivas, entre los cultivos más representativos destacan la caña de azúcar, arroz, maíz, sorgo, tomate rojo y tomate verde; con un volumen de producción de 249,778.58 ton/año y 5,072 ha sembradas (INEGI, 2021).

La agricultura en Jojutla tiene un fuerte arraigo histórico. Desde tiempos prehispánicos se ha distinguido por la producción de caña de azúcar y, desde 1863, por el cultivo de arroz, del cual aún se concentra la mayor producción estatal (SADER, 2021).

El volumen de esta producción agrícola evidencia la alta generación de Residuos Sólidos Agrícolas Orgánicos (RSAO), cuyo manejo adecuado constituye un reto prioritario por sus implicaciones ambientales y una oportunidad estratégica para el aprovechamiento y la valorización local.

3. Alcance del plan de manejo

El presente Plan de Manejo de Residuos tiene un carácter conceptual y exploratorio, por lo que no constituye un programa de ejecución inmediata, sino una primera aproximación metodológica que busca sentar las bases para el diseño de un sistema integral de aprovechamiento de residuos agrícolas en el municipio de Jojutla, Morelos. Su alcance se limita a la propuesta de lineamientos para su valorización mediante compostaje como estrategia prioritaria.

De manera específica, este plan se restringe al ámbito territorial de Jojutla y a los RSAO generados de acuerdo con la producción local. No se incluyen aspectos de financiamiento, implementación operativa o gestión administrativa, ya que tales elementos corresponden a etapas posteriores de planificación y concertación institucional. De este modo, el presente documento busca ofrecer un marco técnico inicial, replicable y adaptable, que permita orientar a productores, autoridades y demás actores hacia el aprovechamiento sustentable de los RSAO en la región.

2. Diagnóstico

1. Proceso productivo

i. Insumos del proceso

El proceso productivo agrícola comprende diversas etapas que, aunque varían según el tipo de cultivo y las prácticas implementadas, de manera general, incluye la preparación del suelo, la siembra, el trasplante, el manejo del cultivo y la cosecha (Kuethe, 2018). Cada una de estas etapas requiere del uso de insumos que permitan sostener la producción, entre los que destacan los fertilizantes y agroquímicos, fundamentales para mantener la productividad de cultivos como maíz, sorgo y caña de azúcar, predominantes en la región.

El empleo de estos insumos, junto con otros como agua, energía y materiales de apoyo, genera inevitablemente distintos tipos de desechos. La mayoría corresponde a residuos orgánicos derivados de la biomasa agrícola, aunque también se producen residuos inorgánicos en menor proporción. En este sentido, la gestión de los residuos agrícolas debe entenderse como una etapa más dentro del ciclo productivo. Incluir esta fase resulta clave para minimizar impactos negativos y, al mismo tiempo, aprovechar de manera sustentable los materiales generados. Los RSAO presentan una gran oportunidad, no solo por su relevancia en volumen sino por el potencial de valorización y aprovechamiento que tienen la gestión de estos residuos

ii. Puntos de generación de residuos

Dentro del ciclo agrícola, los RSAO se generan principalmente durante las labores de mantenimiento del cultivo y en la etapa de cosecha.

En la fase de mantenimiento, los residuos provienen del desmalezamiento y la poda, donde se acumulan tallos, hojas secas y material vegetal que no cumple con los requisitos de calidad, estos se consideran pérdidas. Estos restos, aunque de carácter orgánico y biodegradables, suelen gestionarse mediante quema en campo o disposición a cielo abierto, lo que limita su aprovechamiento potencial.

En la fase de cosecha, los residuos se intensifican al separar la sección comercial del cultivo respecto a la no comercial, dejando como resultado el residuo no aprovechable. En este punto, se generan grandes volúmenes de material residual como follaje, raíces, cáscaras y hasta frutos. En este punto se desecha el “residuo” que no es el fin de comercialización, pero forma parte del cultivo. Este, al no integrarse a la cadena productiva, representa uno de los principales volúmenes de RSAO del municipio.

De esta forma, los puntos de generación de RSAO pueden resumirse en las pérdidas, en la cosecha, y los no aprovechables, que se dan antes de la producción del producto final. La identificación de estos puntos es clave para dimensionar el volumen de residuos, establecer coeficientes de generación por cultivo y evaluar alternativas de valorización como el compostaje.

iii. Balance de materiales

El balance de materiales busca mostrar cuántos RSAO se generan a partir de los cultivos principales en Jojutla. Para esto, se parte de una idea sencilla: no toda la producción agrícola llega a aprovecharse. Durante el proceso hay dos fuentes de residuos, las pérdidas y los no aprovechables, definidos con anterioridad.

Las pérdidas se dan mediante el coeficiente de pérdidas (cp), mientras que los no aprovechables se determinan con el coeficiente de no aprovechable (cna). Con estos elementos se construye un coeficiente de generación de residuos (cg), que indica qué tanto residuo se produce por cada cultivo.

$$cg_{cultivo} = cp_{cultivo} + cna_{cultivo}$$

Una vez determinado el cg , se estima la generación de residuos ($gRSAO$) por cada cultivo utilizando la metodología indicada por SAGARPA.

$$gRSAO_{cultivo} = pr_{cultivo} * cg_{cultivo}$$

Este balance es la base para identificar el volumen de residuos de cada cultivo y, posteriormente, su potencial de aprovechamiento en alternativas como el compostaje.

iv. Caracterización de residuos

Los RSAO son biodegradables, compuestos por restos vegetales con un alto contenido de carbono y nitrógeno. Estas características no solo determinan su impacto ambiental si no se gestionan adecuadamente, sino también su potencial de aprovechamiento en procesos como el compostaje y la bioenergía, donde pueden transformarse en fertilizantes orgánicos o fuentes alternativas de energía.

De manera general, los RSAO pueden clasificarse según su composición en dos grupos:

- Residuos fibrosos y secos: corresponden principalmente a tallos, cañas, pajas y rastrojos. Son materiales ricos en carbono, con una degradación más lenta, pero fundamentales para aportar estructura y volumen en procesos de aprovechamiento como el compostaje.
- Residuos húmedos y verdes: incluyen hojas, frutos no aprovechables, cáscaras y partes tiernas de la planta. Suelen tener mayor contenido de agua y nutrientes, además de ser ricos en nitrógeno. Estos residuos se descomponen con mayor rapidez y son esenciales para equilibrar la mezcla con los residuos fibrosos.

En conjunto, estos dos tipos de residuos determinan la calidad del material disponible para su gestión. La relación entre componentes secos y húmedos resulta clave para evaluar alternativas de aprovechamiento como el compostaje, que requiere mantener un equilibrio adecuado para garantizar su eficiencia. La caracterización general de los RSAO en permite sentar las bases para diseñar estrategias de manejo que consideren tanto su volumen como sus características físicas más relevantes.

v. Volumen de generación

A partir del análisis de la información agrícola disponible para el municipio de Jojutla, se estimó la generación total de RSAO considerando los principales cultivos y el número de 27 unidades productivas registradas.

Los resultados muestran que el municipio alcanza una producción agrícola anual de 249,778.58 toneladas, de las cuales se generan aproximadamente 216,167.58 toneladas de residuos orgánicos, equivalentes a un coeficiente promedio de 0.86 toneladas de residuo por tonelada de producto. Esta cifra refleja una alta proporción de biomasa residual disponible para su aprovechamiento y valorización.

Se determinó la generación de RSAO del 78% de los cultivos del municipio mediante revisión bibliográfica, el restante no contaba con la información necesaria para establecer el coeficiente de residuos; se reflejan los resultados en el **Cuadro 1**. Entre los cultivos más representativos destacan la caña de azúcar, el sorgo grano y el sorgo forrajero en verde, que en conjunto concentran más del 80% de los residuos generados en el municipio. Otros cultivos como limón, mango, maíz grano y naranja contribuyen en menor medida, pero representan un aporte constante al flujo de RSAO a lo largo del año.

CUADRO 1. CULTIVOS DEL MUNICIPIO DE JOJUTLA

Cultivo	Producción	Generación residuos	Unidades
<i>Agave</i>	0	0	1
<i>Alfalfa</i>	450	468.08	1
<i>Arroz palay</i>	257.50	247.59	1
<i>Caña de azúcar</i>	212,424.06	191,187.65	2
<i>Elote</i>	414	139.72	1
<i>Guaje</i>	51	0	1
<i>Higo</i>	144.54	0	1
<i>Jicama</i>	3,008	41.18	1
<i>Limón</i>	115.60	1,425.84	1
<i>Mango</i>	124.80	36.27	1
<i>Maíz de grano</i>	2,335.20	2,615.42	3
<i>Naranja</i>	1,076.70	41.21	1
<i>Okra</i>	3,787.20	0	2
<i>Pastos</i>	830	0	1
<i>Sábila</i>	269.88	997.66	1
<i>Sorgo forrajero</i>	10,092	286.54	1
<i>Sorgo grano</i>	6,341.50	10,732.63	2
<i>Tomate verde</i>	228.60	7,030.58	2
<i>Tomate rojo</i>	7,784.50	934.14	2
<i>Zempasúchil</i>	43.50	0	1
Total, general	249,778.58	1,064,376,716.04	141,896.60

Fuente: Elaboración propia

Los volúmenes de generación identificados confirman que la gestión de residuos agrícolas representa un componente relevante dentro de la agricultura local. La magnitud de los residuos generados justifica la implementación de estrategias de aprovechamiento, como el compostaje, que permitan transformar esta biomasa en un insumo agrícola útil, reduciendo la carga ambiental asociada a las prácticas de quema o disposición inadecuada.

2. Manejo de residuos

i. Gestión actual

En el municipio de Jojutla, como en muchas otras zonas agrícolas de México, la gestión de estos subproductos se limita a prácticas informales y perjudiciales. Los residuos de cosecha son rutinariamente abandonados a la intemperie en campos de cultivo y barrancas, depositados en tiraderos a cielo abierto o, en la práctica más recurrente, incinerados. Este enfoque carente de infraestructura adecuada no solo ignora el valor de la biomasa, sino que también genera una serie de impactos negativos que afectan directamente la calidad de vida de la población y la salud de los ecosistemas locales (SAGARPA, 2015).

ii. Problemática ambiental

El manejo actual de los RSAO en Jojutla y sus alrededores se caracteriza por prácticas que generan graves impactos ambientales, sanitarios y económicos.

- Práctica de la Quema: La quema de rastrojos es una práctica tradicionalmente utilizada para liberar espacio y preparar los terrenos para un nuevo ciclo productivo. A pesar de lo anterior, esta acción libera contaminantes a la atmósfera, incluyendo gases de efecto invernadero como el metano (CH_4) y el dióxido de carbono (CO_2) (SAGARPA, 2015) Las consecuencias de estas emisiones no se limitan al cambio climático, sino que también afectan de manera directa a la salud pública, al provocar problemas respiratorios y aumentar padecimientos crónicos (CCA, 2014) Además, degrada la fertilidad del suelo, deteriora la cobertura vegetal y disminuye la productividad agrícola a largo plazo (SAGARPA, 2015).
- Disposición Inadecuada: La disposición de los residuos en sitios no controlados en campos de cultivo, barrancas y cuerpos de agua es una problemática recurrente. Esto no solo causa contaminación visual, sino que también introduce materia orgánica que, al descomponerse en ambientes acuáticos, consume oxígeno y afecta a la vida acuática (SAGARPA, 2015).

iii. Identificación de potencial

El compostaje se reconoce como una de las alternativas más viables para el manejo sostenible de los RSAO, debido a su capacidad para transformar la biomasa residual en un producto estable y rico en nutrientes, capaz de mejorar la estructura y fertilidad del suelo. Este proceso biológico aeróbico permite la degradación controlada de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos, generando compost como producto final.

El municipio de Jojutla, Morelos, presenta un alto potencial de valorización y aprovechamiento de los RSAO, los cuales generan una cantidad considerable de biomasa residual. La composición de estos residuos favorece su descomposición controlada, permitiendo obtener un compost con características agronómicas adecuadas para su reincorporación en suelos agrícolas locales. El análisis de las características de estos residuos evidencia que la mayoría son biodegradables, ricos en carbono y nitrógeno, y presentan una composición fibrosa y húmeda, lo que los convierte en materia prima idónea para el compostaje.

El compostaje representa una alternativa viable y de bajo costo que puede desarrollarse con infraestructura sencilla y mano de obra local, favoreciendo la participación comunitaria. Además, su aplicación contribuye a reducir la dependencia de fertilizantes químicos, mejorar la estructura

y fertilidad del suelo y mitigar las emisiones asociadas a la quema y descomposición inadecuada de los residuos.

Desde un enfoque de economía circular, el compostaje permite cerrar el ciclo de los nutrientes al reincorporar al suelo la materia orgánica que se extrae durante la producción agrícola. A su vez, abre oportunidades de valorización económica, ya sea por el uso directo del compost en las unidades productivas o por su potencial comercialización local, fortaleciendo así la autosuficiencia de los productores y promoviendo prácticas sostenibles.

Para determinar el potencial teórico de aprovechamiento mediante compostaje, se calculó el volumen teórico de compostaje (v_{tc}). Donde el factor de compostaje (f_c), se identifica con un valor constante de 0.3, que indica la proporción del residuo susceptible de ser convertida en compost estable (FAO,2010).

$$v_{tc_{cultivo}} = g_{RSAO_{cultivo}} * f_c$$

Asimismo, el volumen teórico de compostaje estimado en 64,850.274 toneladas anuales refleja una oportunidad significativa para el municipio. De esta manera, se identificó no solo el potencial de aprovechamiento de los residuos, sino también su valor de transformación, al convertir un desecho agrícola en un insumo con utilidad económica y ambiental. Por lo tanto, el compostaje se identifica como una estrategia con doble carácter; de aprovechamiento, al reducir el volumen de residuos generados, y de valorización, al incorporar nuevamente la materia orgánica al sistema productivo.

Por tanto, se reconoce que los RSAO de Jojutla poseen un potencial estratégico para ser incorporados en esquemas de manejo sustentable, destacando al compostaje como la opción más adecuada para su valorización integral, dadas las condiciones climáticas, la vocación agrícola del territorio y la experiencia técnica disponible en la región.

3. Propuesta de manejo integral

1. Manejo integral

El manejo integral de los residuos agrícolas orgánicos en el municipio de Jojutla se plantea como una estrategia sistemática y sostenible que busca transformar los desechos generados en las unidades productivas en recursos aprovechables, bajo un enfoque de economía circular y corresponsabilidad social. El plan propone el aprovechamiento de un volumen teórico de 64,850.27 toneladas anuales de residuos orgánicos agrícolas, principalmente provenientes de cultivos como caña de azúcar, nopal, maíz y sorgo. Estos residuos, actualmente sin una gestión formal, representan un recurso con alto potencial para la producción de composta de calidad, útiles para el mejoramiento del suelo y la reducción del uso de fertilizantes químicos.

El modelo de manejo integral considera todas las etapas del ciclo productivo agrícola, desde la generación hasta el aprovechamiento final del residuo, promoviendo un sistema de recuperación y valorización local. El modelo se sustenta en principios de gestión integral, participación comunitaria y aprovechamiento local de recursos; se busca impulsar desde el ámbito municipal y con la colaboración activa de las unidades productivas identificadas en la región.

El proceso inicia con la generación y separación en campo, donde los productores realizan la distinción entre RSAO y materiales inorgánicos no valorizables. Esta primera etapa resulta clave para garantizar la calidad del material destinado al compostaje y evitar la contaminación de los

lotes. Además, se promoverá la capacitación de los productores en prácticas adecuadas de manejo, manipulación y segregación de residuos, de acuerdo con los lineamientos establecidos por la FAO y la SEMARNAT.

Posteriormente, los residuos serán almacenados temporalmente en las unidades productivas, en áreas niveladas, con superficie impermeabilizada y techado ligero o cobertura vegetal que proteja de la lluvia directa. Dichos espacios deben contar con señalización visible y mantenerse ventilados para evitar condiciones anaerobias o presencia de fauna nociva. El tiempo de almacenamiento no deberá superar los quince días antes de su traslado hacia los centros de acopio o compostaje. Desde ahí, los materiales serán transportados a la planta municipal de compostaje, minimizando traslados extensos y fomentando la participación de los productores locales.

La recolección estará a cargo de la Dirección Municipal de Medio Ambiente, con apoyo logístico de los propios productores. Se propone establecer rutas de transporte eficientes que reduzcan los costos y emisiones, documentando cada traslado mediante bitácoras que registren el volumen estimado, la unidad de origen y la fecha de entrega. El material recolectado será trasladado hacia los centros comunitarios de compostaje, propuestos como puntos estratégicos para la gestión integral. La frecuencia de recolección se ajustará al calendario agrícola de cada cultivo y a la estacionalidad de la producción.

El aprovechamiento constituye la fase central del plan, basada en el compostaje como alternativa sostenible para la transformación de los residuos agrícolas en abono orgánico de alta calidad. En cada centro se realizará la recepción y pesaje del material, seguido del triturado y mezcla en proporciones adecuadas de carbono/nitrógeno, la formación de pilas aireadas y el control periódico de temperatura y humedad. Una vez completado el proceso de maduración, el compost será cribado y almacenado para su distribución entre los productores del municipio.

La valorización de los residuos se refleja en el uso directo del compost como enmienda orgánica en los suelos agrícolas, lo que contribuye a mejorar la estructura del suelo, incrementar la retención de humedad y reducir la dependencia de fertilizantes químicos. Con ello, se busca cerrar el ciclo productivo mediante una gestión circular que transforme un problema ambiental en un recurso útil. Este aprovechamiento también abre la posibilidad de crear encadenamientos productivos locales, favoreciendo el desarrollo económico rural y el fortalecimiento de la resiliencia ambiental del municipio.

La composta generada será destinada prioritariamente a los productores participantes, bajo un esquema de retorno proporcional al volumen de residuos aportado. El excedente podrá ser distribuido a viveros municipales, áreas verdes y programas de reforestación o restauración ecológica.

2. Metas de cobertura

1) Implementación inicial (Año 1)

- a. Establecer la infraestructura básica para el manejo y compostaje de residuos agrícolas.
- b. Alcanzar una cobertura aproximada del 30% del volumen total generado.
- c. Promover la participación de todas las unidades productivas y capacitar a los productores en manejo y aprovechamiento.
- d. Reducir de forma perceptible la quema de rastrojos en zonas agrícolas.

2) Consolidación (Años 2–3)

- a. Ampliar la capacidad de tratamiento y optimizar la operación del sistema municipal.
 - b. Aumentar la cobertura a cerca del 50% de los residuos generados.
 - c. Fomentar la utilización del compost como fertilizante orgánico dentro de las mismas unidades productivas.
 - d. Mantener programas de capacitación y seguimiento comunitario.
- 3) Cobertura total (Años 4–5)
- a. Alcanzar la gestión integral de los RSAO generados en el municipio.
 - b. Aumentar la cobertura a mínimo el 80% de los residuos generados.
 - c. Erradicar progresivamente la práctica de quema y fomentar la participación de productores y autoridades municipales.

3. Participantes y actividades

CUADRO 2. PARTICIPANTES Y ACTIVIDADES

Participantes	Actividades y responsabilidades
<i>Autoridades municipales</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Adquirir el terreno e implementar el plan • Asegurar su cumplimiento normativo • Gestionar recursos financieros, materiales y humanos • Creación de campañas de sensibilización • Supervisar la operación y seguimiento de unidades
<i>Agroindustria</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Promover la vinculación estatal y federal • Separación en campo y registro de volúmenes de RSAO • Recolección y transporte hasta las plantas de valorización • Aplicación del compost obtenido en sus propios terrenos • Participación en talleres sobre manejo de residuos
<i>Instituciones de investigación</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Brindar asesoría y capacitación sobre compostaje • Monitoreo del impacto del proyecto y evaluación de resultados
<i>Comunidad y organizaciones locales</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Participar en actividades de recolección y compostaje • Colaboración en la distribución del compost generado hacia huertos, viveros o áreas verdes municipales • Promover la concientización ambiental en su entorno

Fuente: Elaboración propia

4. Descripción de la infraestructura

i. Ubicación

Se propone establecer dos unidades de compostaje comunitario dentro del municipio, ubicadas de acuerdo con los siguientes criterios:

- Proximidad a las principales zonas agrícolas
- Mantener una distancia regulatoria segura (idealmente superior a 500 metros) de las zonas urbanas o residenciales para mitigación de impactos
- Accesibilidad vial para facilitar el transporte y distribución

- Ubicación en zonas de bajo riesgo de inundación.
- Disponibilidad de espacio municipal o ejidal, preferentemente en terrenos de fácil drenaje y alejados de viviendas.

ii. Unidades de recolección

La recolección se realizará de forma directa por los productores y mediante puntos de acopio temporal en las unidades productivas. Cada unidad de compostaje contará con:

- Área de recepción y pesaje, para registrar los volúmenes de residuos ingresados.
- Zona de almacenamiento temporal, techada o delimitada, donde se depositarán los residuos antes de su procesamiento.
- Carteles informativos sobre los tipos de residuos aceptados y los procedimientos de entrega.

Los residuos serán preclasificados en campo, eliminando materiales no compostables (plásticos, piedras, metales). El traslado de los RSAO hacia las unidades de compostaje podrá realizarse con vehículos agrícolas o remolques ligeros, coordinados entre productores y autoridades locales. Los productores realizarán la recolección y transporte directo del residuo vegetal (rastrajo, hojas, tallos y restos de poda) hacia la unidad más cercana. Se recomienda el uso de remolques agrícolas o carretas de tracción ligera, con una capacidad mínima de 1.5–3 toneladas por viaje, para optimizar recorridos.

iii. Equipos y herramientas

Las unidades de compostaje estarán equipadas con herramientas básicas para el manejo de los residuos, considerando la escala comunitaria y el bajo mantenimiento requerido. Entre los equipos recomendados se incluyen:

- Estructuras de compostaje tipo pila, construidas con materiales locales (bloques, madera o malla metálica).
- Volteadoras manuales o mecánicas, para favorecer la aireación del material.
- Tanques o cisternas de agua, para mantener la humedad adecuada
- Palas, carretillas, rastrillos y cubetas para manejo manual del material.
- Báscula de plataforma, para el registro de peso de residuos y compost obtenido.

En su fase inicial, la infraestructura podrá operar con recursos municipales y apoyo comunitario, integrando progresivamente mejoras tecnológicas según la disponibilidad de recursos. Con base en el Manual de Compostaje de la FAO (2015), se considera el equipamiento básico para operación continua durante todo el año:

- Área de recepción y almacenamiento temporal
 - Piso de concreto o recubrimiento impermeable
 - Drenaje perimetral con pendiente de para conducción de lixiviados.
 - Área mínima recomendada: 400–500 m² por centro.
- Área de compostaje
 - Espacio techado parcial (tipo sombra malla) o al aire libre sin pendiente
 - Superficie promedio: 600–800 m².
- Equipos

- Tractor agrícola ligero o minicargador para volteo de pilas.
- Trituradora de residuos vegetales
- Sistema de riego para mantener humedad entre 50–60 %.
- Báscula portátil, palas, carretillas, termómetros y medidor de pH
- Control de lixiviados y escurrimientos
 - Canales de conducción hacia una fosa de recolección impermeabilizada, con recirculación posible hacia el proceso de compostaje.
- Área de maduración y cribado
 - Espacio de 200–300 m² para el compost en proceso de maduración.
 - Criba manual (malla de 1–2 cm).
 - Sombra parcial para protección contra radiación solar directa.
- Almacenamiento del compost final
 - Bodega o área techada de 100–150 m² con piso impermeable.
 - Capacidad para almacenar durante 30–45 días antes de su distribución.

5. Mecanismos de gestión

i. Operación

La operación del sistema se organizará de manera descentralizada, a través de los dos centros comunitarios de compostaje descritos previamente. Cada centro contará con un responsable técnico y con el apoyo operativo de los productores locales adscritos a la zona de influencia. Las actividades principales incluirán:

- Recepción y registro de residuos: Se llevará un control de entrada de materiales, especificando tipo de residuo, volumen estimado, procedencia y fecha.
- Preparación y pretratamiento: Los residuos serán triturados y mezclados en proporciones adecuadas de carbono/nitrógeno (aproximadamente 30:1), añadiendo agua para alcanzar una humedad del 50–60 %.
- Formación de pilas: Se dispondrán los residuos en pilas, para aireación natural.
- Volteo y mantenimiento: Se realizará un volteo cada 10 a 15 días, mecánico o manual, con registro de temperatura interna y nivel de humedad.
- Maduración y cribado: Después de 10–12 semanas, el compost se trasladará al área de maduración, donde permanecerá de 30 a 45 días antes del cribado final.
- Almacenamiento y distribución: El compost maduro será almacenado y posteriormente distribuido a las unidades productivas para su aplicación.

ii. Control del proceso

Para asegurar la eficiencia y estabilidad del proceso, se implementarán mecanismos de control basados en las recomendaciones de la FAO del Manual de Compostaje del Agricultor y las Normas Mexicanas NMX-AA-180-SCFI-2018 (Compostas — Especificaciones y métodos de prueba).

Adicionalmente, se elaborarán bitácoras de operación en cada centro, donde se registren datos de entrada de residuos, condiciones ambientales, fecha de volteos, humedad y temperatura.

iii. Monitoreo ambiental y calidad

El monitoreo ambiental será coordinado por la Dirección Municipal de Medio Ambiente, en colaboración con la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado, mediante visitas técnicas semestrales y revisión de indicadores clave. Los aspectos por evaluar incluyen:

- Eficiencia de transformación orgánica: porcentaje de reducción de volumen
- Cumplimiento normativo: alineación con las disposiciones de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y su Reglamento.
- Calidad del compost final: cumplimiento de los parámetros de la NMX-AA-180-SCFI-2018, garantizando ausencia de metales pesados y patógenos.
- Indicadores sociales: número de productores participantes, superficie agrícola beneficiada, y percepción comunitaria del programa

iv. Mejora continua

Con base en los resultados del monitoreo, se establecerán reuniones anuales de evaluación con los actores participantes, a fin de:

- Identificar áreas de mejora en la logística, operación y capacitación.
- Ajustar los protocolos de volteo, control de humedad o infraestructura según las condiciones locales.
- Incorporar innovaciones tecnológicas o prácticas agroecológicas compatibles (lombricomposta, biofermentos, etc.).
- Documentar avances en reducción de residuos y mejora de la fertilidad del suelo.

4. Referencias

- CCA (2014). La quema de residuos agrícolas: fuente de dioxinas. Comisión para la Cooperación Ambiental. <https://www.cec.org/files/documents/publications/11405-la-quema-de-residuos-agr-colas-es-una-fuente-de-dioxinas-es.pdf>
- INEGI, 2021. Jojutla. Gobierno de México. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/jojutla>
- INEGI (2022) Resultados Oportunos del Estado de Morelos. Gobierno de México. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/cagf/2022/doc/CA2022_ROMOR.pdf
- SADER (2021). Arroz a la mexicana, sólo el de Morelos ¡sí señor! Gobierno de México <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/arroz-a-la-mexicana-solo-el-de-morelos-si-senor.%20Accessed%2015%20May%202022>
- SAGARPA (2015) Plan de manejo de residuos generados en actividades agrícolas primera etapa: diagnóstico nacional. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346963/Manejo_de_Residuos_Reporte_Ejecutivo.pdf

VIII. ANEXO 8. CONCEPTUALIZACIÓN DE SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA JOJUTLA

5.Liderazgo

5.1 Liderazgo y compromiso

La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) en el municipio de Jojutla requiere del liderazgo activo y comprometido de las autoridades locales, quienes fungen como el eje articulador entre los sectores productivos, la comunidad y las instituciones de apoyo técnico. La autoridad municipal, a través de la Dirección de Medio Ambiente, es responsable de establecer los lineamientos estratégicos, coordinar las acciones operativas y garantizar que las políticas ambientales sean coherentes con los principios de sustentabilidad y desarrollo local.

El compromiso institucional se traduce en la asignación de recursos técnicos y humanos, la creación de mecanismos de participación ciudadana y el fomento de una cultura ambiental compartida entre productores agrícolas, servidores públicos y habitantes. Este liderazgo no solo implica la gestión administrativa, sino también la promoción de buenas prácticas ambientales, la capacitación continua del personal involucrado y la generación de alianzas con organismos académicos, centros de investigación y entidades estatales y federales.

De esta manera, el liderazgo ambiental en Jojutla se sustenta en la colaboración interinstitucional y en el reconocimiento del valor del entorno natural como base del bienestar comunitario y del desarrollo económico sustentable.

5.2 Política ambiental.

La política ambiental del municipio de Jojutla se orienta a fortalecer la protección, restauración y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, con especial atención en la gestión de residuos agrícolas orgánicos. Esta política establece los principios que rigen la toma de decisiones ambientales en el marco del SGA, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y con la legislación ambiental vigente. Los compromisos centrales de la política ambiental son:

- Cumplir con la normatividad ambiental aplicable a nivel municipal, estatal y federal.
- Prevenir la contaminación y minimizar los impactos negativos derivados de las actividades agrícolas, mediante la adopción de prácticas sostenibles.
- Promover la valorización de los residuos orgánicos a través del compostaje y otras estrategias circulares que fortalezcan la economía rural.
- Fomentar la participación de los productores y la ciudadanía, garantizando la educación y sensibilización ambiental.
- Mejorar de manera continua el desempeño ambiental del municipio, mediante la evaluación periódica de sus procesos, el monitoreo de indicadores y la actualización del SGA conforme a los resultados obtenidos.

Esta política deberá ser comunicada y difundida entre todos los niveles de la administración municipal, así como entre los actores externos vinculados con el manejo de residuos agrícolas, asegurando su comprensión y aplicación efectiva.

5.3 Roles, responsabilidades y autoridades en la organización.

La estructura organizacional del SGA se basa en la integración coordinada de los distintos actores que intervienen en la gestión ambiental municipal. Las funciones y responsabilidades se distribuyen de la siguiente manera:

CUADRO 1. PARTICIPANTES Y ACTIVIDADES

Participantes	Actividades y responsabilidades
<i>Autoridades municipales</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Adquirir el terreno e implementar el plan • Asegurar su cumplimiento normativo • Gestionar recursos financieros, materiales y humanos • Creación de campañas de sensibilización • Supervisar la operación y seguimiento de unidades
<i>Agroindustria</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Promover la vinculación estatal y federal • Separación en campo y registro de volúmenes de RSAO • Recolección y transporte hasta las plantas de valorización • Aplicación del compost obtenido en sus propios terrenos • Participación en talleres sobre manejo de residuos
<i>Instituciones de investigación</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Brindar asesoría y capacitación sobre compostaje • Monitoreo del impacto del proyecto y evaluación de resultados
<i>Comunidad y organizaciones locales</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Participar en actividades de recolección y compostaje • Colaboración en la distribución del compost generado hacia huertos, viveros o áreas verdes municipales • Promover la concientización ambiental en su entorno

Fuente: Elaboración propia

Se sugiere la creación de un área ambiental por parte de las autoridades municipales para la gestión integral de RSAO así como asignar un responsable por área para la creación del comité ambiental. El cual tendrá que asegurarse de que el sistema de gestión ambiental es conforme con los requisitos de esta Norma e informar a la alta dirección sobre el desempeño del SGA, incluyendo su desempeño ambiental. Esta estructura busca asegurar una comunicación efectiva entre niveles jerárquicos, un seguimiento sistemático de las actividades y una clara asignación de responsabilidades.

6. Planificación

6.1 Acciones para abordar riesgos y oportunidades.

6.1.1 Generalidades.

El SGA identifica y evalúa los riesgos y oportunidades que pueden influir en la capacidad del municipio para alcanzar los resultados previstos en materia ambiental. Los riesgos se asocian principalmente a la falta de recursos técnicos, la limitada capacitación en campo, el manejo inadecuado de los residuos agrícolas y la posible resistencia al cambio en las prácticas productivas tradicionales.

Por otro lado, las oportunidades radican en la disponibilidad de residuos orgánicos con alto potencial de valorización, el interés de las comunidades rurales en fortalecer sus capacidades

productivas, y la posibilidad de establecer alianzas con instituciones académicas para el desarrollo de proyectos de innovación ambiental.

El análisis de estos factores permite anticipar problemáticas, establecer medidas preventivas y aprovechar las oportunidades de mejora continua dentro del marco del SGA.

6.1.2 Aspectos ambientales

Los aspectos ambientales son los elementos de las actividades, productos o servicios que pueden interactuar con el medio ambiente. En el contexto del municipio de Jojutla, se identifican como aspectos ambientales significativos los siguientes:

- Gestión de residuos sólidos urbanos y agrícolas, incluyendo la generación, recolección, transporte y disposición final.
- Emisiones atmosféricas resultantes de la quema de residuos
- Uso de agroquímicos y fertilizantes que pueden derivar en contaminación del suelo y cuerpos de agua.
- Aprovechamiento de residuos orgánicos mediante compostaje u otras técnicas de valorización.

Cada uno de estos aspectos será evaluado en criterios de magnitud, frecuencia, alcance, severidad y probabilidad de ocurrencia. Con base en ello, se determinaron los aspectos ambientales significativos, entendidos como aquellos que pueden generar un impacto adverso o benéfico sustancial sobre el ambiente.

La identificación y evaluación de los aspectos ambientales se realizará de manera documentada y periódica. Este registro permitirá orientar la toma de decisiones y priorizar acciones preventivas o correctivas dentro del SGA. Finalmente, el municipio deberá mantener actualizada la información sobre los aspectos e impactos ambientales significativos y asegurar su comunicación interna, para garantizar que todas las áreas involucradas comprendan su papel en la mitigación de impactos y en la mejora continua del desempeño ambiental.

6.1.3 Requisitos legales y otros requisitos.

El municipio de Jojutla debe asegurar el cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos aplicables a sus actividades, servicios y proyectos ambientales. Para ello, se establece un procedimiento sistemático para identificar, acceder, evaluar y mantener actualizada la información relativa al marco jurídico-ambiental, garantizando su integración efectiva en la toma de decisiones y en la operación del sistema.

La identificación de los requisitos legales se realiza considerando la competencia municipal en materia de manejo de residuos, las actividades agrícolas y de gestión de RSAO y las interacciones ambientales derivadas de dichas actividades (emisiones, residuos, consumo de agua, uso de suelo)

El municipio mantendrá un registro de requisitos legales y otros requisitos aplicables, el cual será revisado y actualizado de manera anual o cuando se publiquen modificaciones relevantes en la normatividad. Este registro incluirá, entre otros:

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).

- Ley de Desarrollo Rural Sustentable.
- Normas Oficiales Mexicanas (NOM) aplicables a residuos, agua, suelo y compostaje (NOM-083-SEMARNAT-2003, NOM-021-SEMARNAT-2000, etc.).
- Reglamento de Ecología y Protección Ambiental del Municipio de Jojutla.
- Lineamientos y buenas prácticas de la FAO (2010) sobre aprovechamiento de residuos agrícolas.
- Compromisos voluntarios asumidos por el municipio en programas de educación ambiental, desarrollo sostenible o cooperación interinstitucional.

Una vez identificados los requisitos legales y otros requisitos, el municipio determinará cómo se aplican dentro de su estructura y operaciones. Para ello, se elaborará una matriz de cumplimiento legal, en la que se especificará para cada disposición:

- El requisito o artículo aplicable.
- La actividad o proceso municipal asociado.
- La evidencia de cumplimiento.
- El área o responsable encargado.

Los requisitos serán comunicados a las áreas operativas y técnicas mediante capacitaciones internas, circulares o sesiones informativas. El municipio asegurará el acceso permanente a las fuentes oficiales de información.

El SGA incluirá un mecanismo de evaluación periódica del cumplimiento legal, el cual consistirá en revisiones documentales y en campo realizadas al menos una vez por año. Se registrarán hallazgos y no conformidades, con sus respectivas acciones correctivas y plazos de atención. Por último, se realizará el reporte de cumplimiento ambiental anual que será integrado al informe de desempeño del SGA.

De esta forma, el cumplimiento normativo no solo se entiende como una obligación, sino como un mecanismo de gestión preventiva que contribuye a fortalecer la gobernanza ambiental municipal y la sostenibilidad de las actividades agrícolas en Jojutla.

6.2 Objetivos ambientales y planificación para lograrlos.

6.2.1 Objetivos ambientales.

Los objetivos ambientales del Sistema de Gestión Ambiental se establecen de la siguiente manera:

1. Fomentar la valorización de los residuos agrícolas orgánicos mediante la implementación teórica de un sistema de compostaje comunitario, con una meta de cobertura del 100 % de las unidades productivas (27) al finalizar el tercer año de aplicación del SGA.
2. Promover la separación y almacenamiento adecuado de los residuos en origen, logrando una adopción del 80 % de las prácticas de segregación recomendadas entre los productores locales durante el segundo año.
3. Impulsar la participación comunitaria en el manejo de residuos agrícolas, mediante al menos tres programas de capacitación y educación ambiental por año, dirigidos a productores, estudiantes y ciudadanía.

4. Fortalecer la gobernanza ambiental municipal, asegurando que el 100 % de los procedimientos ambientales municipales cuenten con mecanismos básicos de control, registro y monitoreo al cierre del periodo de implementación del SGA.
5. Reducir la disposición inadecuada de residuos agrícolas en campo abierto o mediante quema, con una disminución proyectada del 50 % de estas prácticas en un plazo de tres años.

6.2.2 Planificación de acciones para lograr los objetivos ambientales

CUADRO 2. PARTICIPANTES Y ACTIVIDADES

Objetivo ambiental	Acciones principales	Indicador	Responsable	Plazo
<i>Fomentar la valorización de RSAO</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño teórico de centros de compostaje • Capacitación a productores • Registro de residuos aprovechables 	Porcentaje de unidades productivas integradas al esquema de compostaje	Autoridades municipales, agroindustria y comunidad	3 años
<i>Promover la separación y almacenamiento adecuado</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Distribución de guías • Supervisión en campo • Charlas informativas 	Porcentaje de adopción de prácticas de separación	Autoridades municipales y agroindustria	2 años
<i>Impulsar la participación comunitaria</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Jornadas ambientales • Talleres y capacitación • Difusión local 	Número de programas realizados al año	Instituciones educativas y de investigación y comunidad	Anual
<i>Fortalecer la gobernanza ambiental municipal</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de procedimientos • Formatos de registro 	Porcentaje de procesos con control y registro	Autoridades municipales	3 años
<i>Reducir la disposición inadecuada de residuos</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilización • Difusión de alternativas • Seguimiento de campo 	Reducción porcentual de quemas o tiraderos a cielo abierto	Autoridades municipales y agroindustria	3 años

Fuente: Elaboración propia

7 APOYO

7.4 Comunicación

7.4.1 Generalidades

La comunicación ambiental tiene como propósito asegurar que la información relevante relacionada con el desempeño del SGA sea difundida de manera efectiva tanto dentro como fuera de la organización.

Para dar cumplimiento a lo establecido en la ISO 14001:2015, el municipio de Jojutla establece, implementa y mantiene los procesos necesarios para la comunicación interna y externa, considerando los siguientes criterios:

- Qué comunicar: información sobre la política ambiental, objetivos y metas, resultados de monitoreo, acciones de mejora, cumplimiento legal y cualquier situación ambiental significativa.
- Cuando comunicar: de manera periódica (trimestral o anual) y cuando ocurran eventos relevantes, como incidentes, auditorías o actualizaciones del SGA.
- A quién comunicar: a las autoridades municipales, productores agrícolas, personal técnico, ciudadanía, instituciones educativas y demás partes interesadas.
- Cómo comunicar: mediante reuniones, informes técnicos, boletines digitales, carteles informativos, talleres participativos y medios electrónicos oficiales del municipio.

Además, se establecerá un Plan de Comunicación Ambiental que defina los flujos de información, los canales y las responsabilidades asociadas. Este plan incluirá medios presenciales y digitales, considerando las particularidades socioculturales del municipio. Los mensajes deberán:

- Ser comprensibles y adaptados a los distintos públicos.
- Favorecer la transparencia y rendición de cuentas.
- Promover el intercambio de buenas prácticas agrícolas sustentables.
- Facilitar la retroalimentación y atención de quejas o sugerencias relacionadas con el SGA.

7.4.2 Comunicación interna

La comunicación interna se orienta a fortalecer la coordinación entre las áreas municipales y los actores del sector agrícola involucrados en el manejo de residuos y la gestión ambiental. Se promoverán mecanismos de comunicación continua entre los participantes del SGA, tales como:

- Reuniones técnicas trimestrales entre la Dirección de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Protección Civil para evaluar avances.
- Boletines internos o digitales con información sobre indicadores ambientales, resultados del monitoreo y recordatorios de obligaciones.
- Capacitaciones y talleres participativos, con el objetivo de reforzar la apropiación de los procedimientos establecidos en el SGA.
- Registros de comunicación interna, que documenten las reuniones y actividades.
- La información generada será archivada para consulta y trazabilidad, garantizando su disponibilidad para auditorías o revisiones internas.

7.4.3 Comunicación externa

La comunicación externa busca mantener informada a la comunidad y a las partes interesadas sobre los avances, logros y resultados del SGA. Su finalidad es fortalecer la confianza pública y promover la corresponsabilidad ambiental. Las principales estrategias de comunicación externa incluyen:

- Difusión pública de resultados ambientales mediante informes anuales, carteles informativos o comunicados en medios locales.
- Campañas sobre el manejo adecuado de RSAO, el compostaje y la reducción de quemas.
- Colaboración con instituciones educativas y organizaciones civiles, para promover actividades de educación ambiental comunitaria.
- Toda comunicación externa deberá ser coherente con la política ambiental y validada antes de su difusión, asegurando la precisión y confiabilidad de la información



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias
Químicas e Ingeniería

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS e INGENIERÍA

PROGRAMAS EDUCATIVOS DE CALIDAD RECONOCIDOS POR CIEES, CACEI Y CONAHCYT

SGI Certificada en la norma ISO 9001:2015 e ISO 21001:2018

FORMATO T-2

NOMBRAMIENTO DE COMISIÓN REVISORA
Y DICTAMEN DE REVISIÓN

Cuernavaca, Mor., a 19 de febrero del 2026.

DR. JULIO CESAR LARA MANRIQUE
DR. RICARDO FARFÁN ESCALERA
DRA. MARIA DEL CARMEN TORRES SALAZAR
DRA MARIANA ROMERO AGUILAR
DR. ZAKARYAA ZARHRI
P R E S E N T E

Por este conducto, me permito informarle que ha sido asignado como integrante de la comisión revisora de la tesis que presenta **MARTHA PATRICIA HERRERA ROMÁN**, titulado: **“DISEÑO DE UN SISTEMA PARA EL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS AGRÍCOLAS ORGÁNICOS EN EL ESTADO DE MORELOS”** realizada bajo la dirección de la Dra. Mariana Romero Aguilar y la Co-dirección de la Dra. María del Carmen Torres Salazar, del Programa Educativo de la Maestría en Ingeniería Ambiental y Tecnologías sustentables. Agradezco su valiosa participación en esta Comisión y quedo a sus órdenes para cualquier aclaración o duda al respecto.

ATENTAMENTE
Por una humanidad culta

MTRA. ANGELICA GALINDO FLORES
DIRECTORA DE LA FCQEI

D I C T A M E N

MTRA. ANGELICA GALINDO FLORES
DIRECTORA DE LA FCQEI
P R E S E N T E

En respuesta a su amable solicitud para formar parte de la Comisión Revisora de la tesis mencionada y una vez realizada la revisión correspondiente, me permito informarle que mi VOTO es:

D I C T A M E N

NOMBRE	VOTO	FIRMA
DR. JULIO CESAR LARA MANRIQUE	APROBADO	
DR. RICARDO FARFÁN ESCALERA	APROBADO	
DRA. MARIA DEL CARMEN TORRES SALAZAR	APROBADO	
DRA MARIANA ROMERO AGUILAR	APROBADO	
DR. ZAKARYAA ZARHRI	APROBADO	

Se anexan firmas electrónicas





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

ANGELICA GALINDO FLORES | Fecha:2026-02-19 17:26:13 | **FIRMANTE**

ul62ANSq98jqANJ8rk/gCZecVN6ekUqzwDESej+CHsER4NlzFP9y0CZhT4cvQwC7yzUAKAKwd/WR7zTBcY6OmGZ5LfbffNYhQIhzenuW1OPFOYekpy1xW8ebftVzlq4nsSEcpJ3MVUPxeE598R5HVPuMco2faaf1/KawR93fLaHbWrubEYT+CfmDNoCwkUHMy1rS2uIBTs/UyqJLjYg5cDIEYH9m47gaT/WHPUgaluBxpP9tDSyPRq+LSFz7v2SmB1bLe/i6pRxOqv1cpfa2pLYNDcGV+FCxzWv3KIkTe46/g3Cuk+ZMQo03WQfsMtPm+6/AoPOQGfP7zujlcll8A==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[oRkX59UxA](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/tKFqwnza6tgorkErjz24dBpnsN7vLJM8>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

JULIO CESAR LARA MANRIQUE | Fecha:2026-02-20 10:11:38 | FIRMANTE

F1GW+Hlo0+uiVRiQcDad6Bob9+vQojj7ITwrv+SYTNI3SiMJSwflsvoADJNd3L7LpWUUnAw0V25wG1wJY1PBv7ef+ZM6usXc/lrxoyh2hx2x0wHYUHCwa+RqIbFCh1f5fwEH32bC
WmkG5EdJZiXrjPW3r+GsP+4pHDmA1/d83zSj0tu02VFtpyqlwdge6Px4RAie6N2NPYjcnRxxqHnQ3HHQ00He12HyCEyephVixasJfBoyUBFQT47+5xXRAX64x1FEsBcHRAozglx57
2n5KP+60pVRk3Bagu6HbJ2yDCLXUVQ02z9HS+H9sgP07rRKjnljONy+ITqy7fRdpGEW==

ZAKARYAA ZARHRI | Fecha:2026-02-20 10:30:58 | FIRMANTE

CQpBkm/kdnkUKvtbj5WwcmVky009ID+Eoaqd0wEyNcChyHwA2isF3YFdoXHuhAbv8iry2csEsFa8cOnqhn1zqHAavE8Zh+h2mRHPhDHRvgI7urSXdXLMjuiLJLup+jnEwKaYIMhn
K6llyspyhKF7kdF2nzQ9Lfl1gloGmo77qHfxgz6nteinD0tPROgkvZFCG+HaedAIHMM4uQPwuyR6OHVDWhl0chqAzsTntKJLzLIGHQ8KcrE7KAJcLXIK4MUhRCob4Tfvz7I4KVlJlCL1i
8m8Qs3yQNNcyFcvZ/MkZZ2H5/x4oETNahNzQtaCnjtfjadwVf39SRY1JpyH5ZjkVQ+g==

MARIANA ROMERO AGUILAR | Fecha:2026-02-20 12:08:45 | FIRMANTE

HUwWOFW9wiY33EU4hwpRQubbOrEfxUz4IMutS27mcsIbws6MnQzIUiLVcnvZktCBp0dYPc6ACmo8R4S5bqYe/KqweB8M+dcV3l/ubpvwlp4KEC6J9qoh49oxJOd8G3iBTUMxW
1YkRn3pR7f+qXZZ35Hq1pgp9KjRy+j0D1alk69INiTIKN8vM2hRKqCk5lrZgLZksHnlxuv4MioFcoLRZYXiZmrzFPZ4K6weynvFILshqTzgt54TMcymEV0EDEFL+yPrPkKjigQAI5W3jW
akRf8hryucJFEBlizJ0eDhg11LQJQdsG6NmKIMp6WH9tUCtz9ZAvrCrzYQK8rwy5Pk5w==

MARIA DEL CARMEN TORRES SALAZAR | Fecha:2026-02-20 12:33:01 | FIRMANTE

0g8zNqeSGDgVtY396BFuigncLWCUmwfX7/pYS+Oj1IzVAwIVXZU5fzynw4vnDfUf9cPiqEaFTD9S8k70dxQEEDleHUOEi7rOQYf3u5GQAC0KcTTxtCde8/rFgBLtdk9fw10dMCK+J
p9bF2Qeu+WvVGjYtriz2r4kJOMWtySNCX+ftqqbYhpjdvWuKBoT1P1unpxE+GA1sUISzMzY93DaQMKaZ2+UV0XknkZ4Mz4M6COPvUWjhOaSw7LK9EoN9Ni715ktuPUjix9u
90JhG5IOfKhp03Pk+8FexG1KpRHccRa4vxWjrl6x9KH6WOZByFEdLRr+1c4PCvTWWpU29Vw==

RICARDO FARFÁN ESCALERA | Fecha:2026-02-23 09:19:07 | FIRMANTE

ZI8Q3vtloEmLRUNXIEbqaAXdMnvrES7mtqfoVqzV3fj3EsahlqaCcCdhvNgB6JOZSX5YnXPb7U+LMrjgPR+dmOl2NVd4ArBmQhIByP6tvvwe3PhRfLKef8ledbQ3LctpuRnT1iSe7j
vO9POjs7/5DCz1n81wyShiGuwYxv+dSk1BtOz+QV4Pr/ZdfnREw7LLKvAO55KOFEC6shgJ51EheX207Qo6FtR8PcSbKyDe7TtuCU96qno2p9iaJLiQbXoaZR3a+xYMu/oDv0pUks
FQGhtwKkQ5N7sQRuidT0FCrk/PufzLNHzOUBIsQin1d+5rD2YUNW8tAdJ/O5u3SbavA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



uMDxRa0kH

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/BirkLpxV3dKRduZuFB9Rk87xQF5Sinyy>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029