

Impactos ambientales y socioeconómicos del cultivo de malanga (*Colocasia esculenta* L. Shott) en Actopan, Veracruz
Environmental and socioeconomic impacts of malanga (*Colocasia esculenta* L. Shott) cultivation in Actopan, Veracruz

Yadeneiro de la Cruz Elizondo¹

Gema Matzil Olguin Utrera²

Joaquín Jiménez Huerta³

Universidad Veracruzana, campus Xalapa, México

Fecha de recibido: 30-11-2023 **Fecha de aceptación:** 25-08-2024

Resumen

La rentabilidad y fácil adaptación del cultivo de malanga (*Colocasia esculenta* L. Shott) ha causado un incremento en su superficie de producción en el municipio de Actopan, Veracruz-México, generando beneficios socioeconómicos a las poblaciones en donde se produce; debido al aumento de hasta 40,000 plantas por hectárea, se genera una mayor demanda de tierra, agua, agroquímicos y trabajadores. El objetivo de este trabajo fue evaluar los impactos ambientales y socioeconómicos de su producción, por medio de una metodología mixta que incluyó análisis de suelo y agua según la normatividad mexicana, recorridos de campo; además de entrevistas semiestructuradas a distintos actores de la cadena productiva, durante diciembre del año 2022 a marzo del año 2023. Los resultados indican impactos ambientales negativos por la alta demanda, salinización del agua, además de degradación de las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo. La alta demanda, así como el precio del producto, genera una actividad económica redituable, al igual que una fuente de empleos permanente con salarios atractivos. Sin embargo, la aplicación sin protección de 16 agroquímicos, dos de ellos altamente peligrosos para la salud humana por sus principios activos perjudiciales para los trabajadores y el ambiente, genera impactos sociales desfavorables además de consecuencias adversas en agua y suelo.

Palabras clave: Agricultura, impacto (Tesauros), social, económico, ambiental.

Abstract

Taro cultivation (*Colocasia esculenta* L. Shott) has increased the area of production due to its profitability and easy adaptation in the municipality of Actopan, Veracruz, Mexico. The agriculture of this crop has generated economic and social benefits to the local population because an increase in the production up to 40,000 plants per hectare, which has caused a greater demand in land, water, agrochemicals and workers. The aim of this work was to evaluate the environmental and socioeconomic impacts of its production, through a mixed methodology that included an analysis of soil and water according to Mexican regulations, field visits, as well as semi-structured interviews with different key actors of the production chain, during December 2022 to March 2023. The high demand and price of the product generates profitable economic activity and a source of permanent jobs with attractive wages. However, the unprotected application of 16 agrochemicals, two of them highly dangerous to human health due to their active substances harmful to workers and the environment, generates adverse social implications, as well as adverse consequences in water and soil.

Keywords: Agriculture impact (Thesauruses); social; economic; environmental.

-
1. Doctorado en Educación, Docente de la Facultad de Biología. Líneas de investigación: "Edafología" "Agroecología" "Gestión de Residuos" "Educación Ambiental". ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2034-6637>; email: ydelacruz@uv.mx
 2. Especialista en Diagnóstico y Gestión Ambiental. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6747-6712>; email: gema_matzil@hotmail.com
 3. Maestría en Tecnología para el Desarrollo Rural Sustentable, Docente de la Facultad de Biología. Líneas de investigación: "Gestión Ambiental" "Sustentabilidad" "Desarrollo rural". ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3705-9500>; email: jojimenez@uv.mx

1. Introducción

El desarrollo del sector primario se ha convertido en uno de los principales pilares de la actividad económica, gracias a la obtención de materias primas (Galán-Méndez, 2013; SEMARNAT, 2001). De manera específica, la actividad agrícola tiene como objetivos la creación de fuentes de empleo y la producción de alimentos que satisfagan parte de la demanda alimentaria externa e interna.

A su vez, el aprovechamiento de esta actividad trae consigo impactos ambientales, las cuales deben ser analizadas con el objetivo de establecer medidas de mitigación que permitan dirigir el objetivo social hacia el afamado desarrollo sustentable (Dominguez-Solis *et al.*, 2023; Garmendia, 2020).

México tiene importantes producciones de cultivos agrícolas, entre los que destaca el cultivo de malanga, con principal interés en el bulbo. El estado de Veracruz es uno de los principales productores de este cultivo; y la región de Actopan, la más importante a nivel nacional. En esta región, el cultivo de malanga se ha expandido cada vez más colocándose como el tercer sustituto del mango manila, cultivo característico de Actopan; sin embargo, este cambio se ha debido a los mayores beneficios económicos en los productores y pobladores donde se produce el cultivo de malanga (Arce & Birke, 2018).

El éxito de este cultivo se le atribuye a su potencial para exportación, pero también a su

fácil manejo y bajos costos de producción. Sin embargo, esto ha ocasionado que en la región exista un incremento de su producción de manera indiscriminada y desregularizada.

Por consiguiente, en esta investigación se exponen los impactos ambientales y socioeconómicos que genera la producción del cultivo de malanga en el rancho Las Margaritas, quien es un importante productor del cultivo en el municipio de Actopan, Veracruz-México.

Situación actual del cultivo de malanga en la región de Actopan

El municipio de Actopan, Veracruz es históricamente considerado como ganadero y agrícola, destacado por el cultivo del mango manila (*Mangifera indica* L.); además de otros cultivos como la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), el maíz (*Zea mays*) y el chayote (*Sechim edule* (Jacq.) Sw). Sin embargo, en los últimos doce años, la producción de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Shott) ha presentado una tasa de crecimiento media anual del 28.54%, debido a su rentabilidad económica, convirtiéndose en el segundo cultivo de mayor impacto económico en la región; desplazando de esta manera a cultivos tradicionales.

Gran parte de la producción de malanga se exporta a los Estados Unidos de América y Canadá (Nazario-Lezama *et al.*, 2020) generando mejores ingresos económicos para los productores agrícolas, así como también a las poblaciones aledañas. La importancia de la malanga no solo cesa por la seguridad alimentaria, sino

también, por las múltiples fuentes de empleos que se generan como consecuencia de la producción. El mantenimiento de los cultivos requieren una gran cantidad de mano de obra, constituyendo así, una fuente de empleo segura durante al menos año (Mancilla *et al.*, 2019).

En países de escasos recursos como los africanos e Islas del Pacífico, la importancia de la producción de este cultivo recae en la seguridad alimentaria y la obtención de remesas, como cultivo comercial y un medio para el desarrollo rural (Temesgen *et al.*, 2015).

La malanga fue introducida en México a finales de la década de 1970 con algunos genotipos mejorados provenientes de Cuba, con la supervisión de los investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) (Olguín & Álvarez, 2011). En el estado de Veracruz se introdujo en 1990 con la finalidad de observar su desarrollo en campos experimentales en el estado (Olguín & Álvarez, 2011); es decir, se introdujo en un esquema de producción integral con enfoque familiar. Para ello se seleccionaron diferentes organismos vegetales hidrófilos, entre ellos la malanga, como componente de una primera propuesta de manejo integrado, obteniendo excelentes resultados.

Como consecuencia de los resultados de la propuesta de manejo integrado, en el año 2000 se sembró por primera vez en la comunidad de los Ídolos, municipio de Actopan, Veracruz, donde obtuvo gran éxito en las cosechas, y multipli-

cándose entre los productores de dicha zona (Araujo-Cruz *et al.*, 2011).

Hoy en día, las localidades del municipio en las que destaca la producción de este cultivo son Santa Rosa, Buenos Aires, La Esperanza, La Bocanita y Rancho Baldera. La producción de malanga es relativamente nueva (18 años de antigüedad) en la región. No obstante, ya presenta limitantes, debido a que los productores han incrementado la densidad de siembra de 12,000 hasta 45,000 plantas por hectárea con un rendimiento promedio de 40 a 60 toneladas por hectárea; provocando nuevas plagas y enfermedades para la región del cultivo (Arce & Birke, 2018; Olguín & Álvarez, 2011).

En conjunto con lo anterior, se ha reportado que el cultivo de malanga es hidrófilo, es decir, demandante de agua, en conjunto con agroquímicos como plaguicidas y fertilizantes (Arce & Birke, 2018). Estos cambios en las prácticas agronómicas, así como el cambio de cultivos ha provocado alteraciones en el ambiente, según la percepción de pobladores y productores de la región. Algunos de los comentarios reportados fueron el incremento en la temperatura, la disminución de polinizadores y los temporales desfasados (Arce & Birke, 2018) en cuanto a los impactos ambientales. Pero en cuanto a las sociales, las percepciones han sido favorables, ya que consideran que el cultivo de malanga les brinda seguridad en el trabajo durante al menos un año.

2. Materiales y Métodos

Sitio de estudio

El rancho Las Margaritas tiene una extensión aproximada de 40 hectáreas (ha) dentro del municipio de Actopan, Veracruz entre las localidades de Buenos Aires y El Diamante. Sus coordenadas son 96° 32' 30.4" Oeste y 19° 27' 16.48" Norte, a una altitud de 140 msnm de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2022). Además, cuenta con un canal de riego proveniente del río Actopan, que brinda estabilidad y soporte para las más de 20 ha de cultivo de malanga. En este rancho fue en donde se tuvieron las facilidades para llevar a cabo el trabajo conjuntamente con la anuencia de los dueños y la participación de los trabajadores.

Determinación de impactos ambientales y socioeconómicos

Para el desarrollo de este trabajo, se utilizó una metodología mixta que incluyó datos cuantitativos y cualitativos obtenidos mediante recorridos de campo, análisis de pruebas de laboratorio de suelo y agua, así como también entrevistas semiestructuradas. Todos los resultados obtenidos de las pruebas anteriores se concentraron en una matriz de valoración de impactos.

Impactos ambientales

a. Caracterización de las prácticas agronómicas

Para la determinación de impactos ambientales, se realizó de manera inicial la caracteriza-

ción del cultivo, posteriormente los análisis de suelos y agua.

Para caracterizar el sistema de producción de malanga, se realizó recorridos semanales de campo durante el periodo de septiembre 2022 – marzo 2023, con la finalidad de reconocer el proceso productivo del cultivo, así como el conjunto de prácticas agronómicas que incluyeron el uso de agroquímicos.

b. Análisis de suelos

Para los análisis de suelo se utilizaron un total de 18.5 ha, divididas en tres parcelas de diferentes dimensiones y condiciones. La parcela uno (P1) fue sin plantas con un área de 8 ha, la parcela dos (P2) con plantas de un mes de crecimiento que ocupó un área de 7 ha y la parcela tres (P3) con plantas de cinco meses de crecimiento con un área de 3.5 ha.

La P1 y P2 fueron divididas en tres zonas (alta, media y baja) con excepción de la P3, la cual fue dividida en zona alta y baja. En cada una de las zonas de las parcelas, se hizo un recorrido para determinar los sitios de muestreo con la técnica de cinco de oros (Mendoza & Espinoza, 2017). Una vez determinado los cinco puntos, se tomó una muestra simple de suelo, además de registrar los parámetros de agregados y densidad de lombrices mediante la técnica propuesta en la Guía para la evaluación visual de la calidad del suelo (Noellemeyer & Quiroga, 2021) por cada uno de los puntos de muestreo.

Una vez tomadas las cinco muestras de cada zona se mezclaron para formar una muestra compuesta y por triplicado determinar en el laboratorio los parámetros de textura, pH, MO (materia orgánica) y CE (conductividad eléctrica) mediante la NOM-021-SEMARNAT-2000. Los valores obtenidos de los parámetros medidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) de un factor, seguido de una prueba de Tukey, con un intervalo de confianza del 95%, en los programas de Excell y Xlstat.

Adicional a los parámetros anteriores, se calculó la pérdida del suelo por acción del agua, mediante el método directo de Hudson (1997) durante el periodo de enero 2023 - marzo 2023. El cual consistió en poner un recipiente de plástico de 5 L al final del surco; pasados tres meses, se pesaron los sedimentos obtenidos en este.

c. Análisis de agua

Para las condiciones del agua, se ejecutó un monitoreo de los parámetros de pH y CE, las cuales se midieron cinco días antes y después de la fertilización. Por cada parcela se tomaron tres surcos con tres puntos de muestreo, los cuales fueron al inicio, en medio y al final del surco (Alocén, 2007).

Adicional al monitoreo, se realizaron dos aforos en la temporada de invierno con el método del flotador o área-velocidad (Carrión & La Mattina, 2015). Uno en el canal principal de riego y el otro en la entrada de la parcela. Una vez obtenido los datos, con los cálculos corres-

pondientes se estimó el porcentaje desviado para una solo parcela de cultivo malanga, así como también la cantidad aproximada de agua que requiere un cultivo de tres hectáreas y medias al día en temporada de invierno.

d. Cambio del paisaje

Otro de los parámetros utilizados, y que se valoraron en la matriz de impactos, fue el medio biótico, en la cual se utilizó la riqueza de la flora y fauna del sitio; por medio de las entrevistas a los trabajadores se estimó la riqueza de la fauna, mientras que para la riqueza de la flora fue mediante la maleza, identificando lo que crece en el cultivo. Asimismo, se utilizó los cambios en el paisaje con un 1km a la redonda para observar, por medio del análisis de imágenes satelitales del 2023, si el paisaje era homogéneo o heterogéneo.

Impactos socioeconómicos

Los impactos socioeconómicos se abordaron por medio de lo observado en los recorridos de campos y entrevistas semiestructuradas con un cuestionario de 15 interrogantes aplicado al diferente personal de Las Margaritas, incluyendo dueños y encargado. Las preguntas fueron elaboradas con base al cuestionario de la Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercado (AMEI) en el 2022, sobre el nivel socioeconómico, además se adicionaron siete preguntas sobre la parte económica del cultivo que fueron de interés para este proyecto. Una vez estructurado el cuestionario, se procedió a la determinación del tamaño de muestra, con la

fórmula que se muestra a continuación (Navarrete, 2020):

$$n = \frac{Z_{1-\alpha}^2 pqN}{e^2 (N-1) + Z_{1-\alpha}^2 pq}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra.
 $1 - \alpha$ = nivel de confianza.
 p = proporción.
 e = error de estimación

N = tamaño de la población.
 $Z_{1-\alpha}$ = El valor de z (siguiendo una Normal (0,1))
 $q = 1 - p$

De una población de 54, se obtuvo un tamaño de muestra de 48 trabajadores, incluyendo el encargado, dueños, regadores, sacadores de coco, choferes, tractoristas, y jornaleros, con un intervalo de confianza de 95% (García, 2007). Las entrevistas realizadas fueron principalmente al personal de campo, por lo que la población mencionada corresponde mayormente a estos trabajadores.

Determinación y valoración de los impactos

Una vez obtenidos todos los datos anteriores se concentraron en la matriz de valoración de impactos con la metodología establecida por Conesa Fernández en 1997 (Conesa, 2009), la cual fue modificada dada las dimensiones del proyecto. La matriz originalmente utiliza 10 parámetros, sin embargo, en este trabajo se aplicaron solo siete de estos, por lo cual se considera una matriz modificada. Los pará-

metros utilizados fueron: Naturaleza positiva (+) o negativa (-); Recuperabilidad (MC) de manera inmediata (1), largo plazo (2), mitigable (4) e irrecuperable (8); Intensidad (I) baja (1), media (2), alta (4), muy alta (8), total (12); Acumulación (AC) simple (1) y acumulativa (4); Efecto (EF) indirecto (1) o directo (4); Persistencia (PE) fugaz (1), temporal (2), permanente (4); Periodicidad (PR) irregular (1), periódico (2), continuo (4).

La construcción de la matriz se realizó con los factores ambientales afectados, es decir, el medio abiótico (agua y suelo) y biótico (flora y fauna) y el socioeconómico. Evaluados en las etapas de preparación del terreno, siembra, mantenimiento del cultivo y cosecha, las cuales son parte del proceso productivo de la malanga.

Una vez realizada la evaluación de cada factor ambiental con todos los parámetros antes mencionados. Se sustituyeron los valores en la fórmula de Conesa (2009), $I = \pm 3I + PE + MC + AC + EF + PR$. Dicha fórmula se aplicó para cada factor ambiental evaluado arrojando un resultado numérico, que correspondería a la importancia del impacto dentro del rango de 0-100 el cual se clasifica en cuatro clases de efecto. En Tabla 1, se muestran los rangos del efecto y el color correspondiente.

Tabla 1*Rango de importancia de los impactos*

Rango de importancia	Clase de efecto	Trama
$0 \leq 25$	Compatible	Verde
$26 \leq 50$	Moderado	Amarillo
$51 \leq 75$	Crítico	Naranja
$76 \leq 100$	Severo	Rojo

Nota. Rango de importancia de los impactos de acuerdo con Conesa Fernández (1997).

3. Resultados y Discusión

Caracterización del cultivo de malanga

La malanga es un cultivo que ha traído seguridad y esperanza a los productores agrícolas de la región de Actopan, conllevando a cambios de cultivos e incremento de su producción. No obstante, la documentación de las prácticas de este cultivo, así como sus efectos ambientales y socioeconómicos no han sido del todo profundizados; razón por el cual se realizó este trabajo, que tiene como fin difundir los impactos del cultivo con el objeto de mejorar las prácticas agronómicas, con respecto a este.

La caracterización del cultivo de malanga fue un paso fundamental para comprender cómo funciona el sistema de producción de este cultivo con estos productores. La información recopilada de los recorridos de campo, así como de las entrevistas semiestructuradas se encuentran en la Tabla 2, en donde se aprecia que el cultivo consta de seis etapas; las cuales se repiten cada año, ya que es un cultivo anual que se viene practicando desde

hace 18 años aproximadamente en la región, con similitud en la forma de producción.

Dentro de las prácticas más comunes está la inundación y la utilización de 16 agroquímicos, los cuales varían en clases de peligrosidad, así como también la utilización constante de procesos mecanizados al inicio del proceso productivo (preparación del terreno). Sin embargo, también de manera general se logra apreciar que para una parcela se quieren alrededor de 42 personas por hectárea, desde la preparación hasta la cosecha.

De acuerdo con la caracterización del cultivo de malanga, se realizan fumigaciones frecuentes, aproximadamente cada dos meses; utilizando una amplia variedad de agroquímicos para la prevención de plagas y enfermedades en todas las etapas del cultivo, siendo la etapa de mantenimiento la de mayor impacto (ver matriz de evaluación impactos), donde se mezclan hasta siete agroquímicos, los cuales varían en clases de peligrosidad de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS). De los 16 agroquímicos, dos son alta-

mente peligrosos y tienen diferentes impactos en los recursos naturales como agua y suelo. El primero, con principio activo de abamectina, genera contaminación acuática (Disner et al., 2021); es por ello que no se debe aplicar cerca de cuerpos de agua o que transporten agua. No obstante, dada las condiciones en las que se tiene el cultivo, se realiza ya que se encuentra comúnmente inundado; lo que provoca a su vez un impacto de moderado a crítico en el factor ambiental del agua y suelo. Aunque no se realizaron los análisis correspondientes para encontrar la posible contaminación por este agroquímico, se han reportado los impactos por este activo, alertando de manera crítica a los productores con respecto a esta práctica.

Otros de los agentes químicos peligrosos son los monocrotofos, extremadamente tóxicos para invertebrados acuáticos, aves y mamíferos; pero, principalmente, para el segundo grupo, es decir, aves, las cuales son común que lleguen en busca de alimento cuando se prepara el terreno, ya que con el barbecho y volteo, salen las lombrices y estas fungen como alimento para las diversas aves en este sitio (Singh y Singh, 2014).

Ambos agroquímicos tienen persistencia en suelos: el primero de hasta 8 semanas; mientras que el segundo, 30 días en suelos negros vertisoles como es el caso de estas parcelas. Donde, además, el tiempo de descanso es menor a un mes en algunos casos (Singh y Sin-

gh, 2014); por lo que probablemente podría generarse una acumulación de estos, a que, además, van en los hijuelos que extraen para siguientes cosechas. También se han reportado que los monocrotofos son neurotóxicos y la abamectina mutagénica, por lo que al no usar el EPP (Equipo de Protección Personal) los trabajadores, aumentan el riesgo a la salud, generando una importancia del impacto moderado (Aguilar et al., 2022; Disner et al., 2021; Reddy, 2023). Aunque no se realizó metodología alguna para determinar el impacto en la salud humana, de acuerdo la literatura, el uso de agroquímicos y su disposición genera afectaciones a la salud (Velázquez & Sánchez, 2021).

Tabla 2
Caracterización del cultivo de malanga (Colocasia esculenta L. Shott) - rancho Las Margaritas, Actopan-Veracruz

Etapas	Actividad	Descripción de la actividad	Insumos	Cantidad de persona	Periodo
Descanso del suelo	---	---	Riesgos constantes	---	Varía de días hasta 3 meses
	Tres labranzas, una por día Un surcado	Aireación del suelo con profundidad de 30 a 35 cm, y elaboración de surcos de riego con 15 cm	Tractor	Tres personas / hectáreas	4 días
Preparación del suelo	Fumigación	Eliminación de maleza con el uso de agroquímicos	Tambo de 200 litros con un: - Coadyuvante (Voga) - Herbicida (Ojiva) - Coadyuvante (Phase – 1) - Bomba manual	Dos / hectáreas	1 día
	Siembra de hijuelos	Cortas los hijuelos de las plantas de otras hectáreas y sembrarlas	Hijuelos (40,000 / hectáreas) Riego constante	Seis personas / hectáreas	1 semana
	Fertilización	Se pone abono	Suspensión del riego dos días Urea y triple 16	Seis personas / hectáreas	Al mes o a los 40 días
	Eliminación de maleza y los hijuelos	De manera manual	Riego constante Azadón	Seis personas / hectáreas	Durante los meses de crecimiento del cultivo
Mantenimiento del cultivo	Fertilización	Se pone abono de manera manual o con bomba de motor en caso de ser líquido	Machete Suspensión del riego tres a cuatro días Triple 16 y urea	Seis personas / hectáreas	Varía entre uno a dos meses durante todo el año
	Fumigación para quitar maleza	Eliminación de la maleza	Gis (Fusil) Coadyuvante (pase – 1) Coadyuvante (Voga) Herbicida (Fusilade) Herbicida (Flex) Bomba manual Tambo de 200 litros	Tres personas / hectáreas	Durante los primeros tres meses de crecimiento

Fumigación	<p>Uso de agroquímicos para las plagas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Araña roja - Pulgón - Caracol 	<ul style="list-style-type: none"> - Insecticida (Instar AD) - Bioactivador (Fitobolic) - Coadyuvante de pH (Phase - 1) - Sulfato magnésico - Insecticida y/o acaricida (Lucadrin) - Herbicida (Lucamina 4) - Bomba de motor - Suspensión del riego dos días 	Tres personas / hectáreas	Cada 2 meses
Fumigación	<p>Uso de agroquímicos para las plagas en dos últimos meses previos a la cosecha</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tambo de 200 litros - Insecticida (Instar AD) - Bioactivador (Fitobolic) - Coadyuvante (Voga) – Insecticida / Acaricida (akaroff) - Coadyuvante de pH (Phase - 1) - Sulfato magnésico - Insecticida y/o acaricida (Lucadrin) - Herbicida (Lucamina 4) - Potasio 	Tres personas / hectáreas	A partir de octavo, noveno o décimo mes de crecimiento
Castigos	Suspensión del riego de uno a cuatro días	<ul style="list-style-type: none"> - Bomba de motor - Suspensión edl riego dos días - Piedras y cierre de las compuertas de agua 	Una persona	A partir del octavo mes hasta el onceavo
Suspensión total del riego	Suspensión del riego para la pérdida de humedad	<ul style="list-style-type: none"> - Piedras y cierre de las compuertas de agua 	Una persona	15 a 20 días previos a la cosecha
Recolección del tubérculo	Cortan las hojas y sacan el tubérculo, mismo que ponen en una arpilla de 50 kg	<ul style="list-style-type: none"> - Machete - Arpillas - Transporte de carga 	Seis personas / hectárea	A los 11 meses

Nota. La tabla 2 muestra la caracterización del cultivo de malanga; es decir, las prácticas que se utilizan, el periodo, la cantidad de personas, así como también los insumos que se utilizan para la siembra de una hectárea.

El uso constante del agua es una de las prácticas de mayor impacto en este cultivo, ya que inicia desde que se empieza la siembra hasta la cosecha; se tiene el agua constante las 24 horas, por lo que solo se quita cuando ya se cosecha. Esto con la finalidad de que el suelo pierda humedad y con ello puedan entrar máquinas para mayor facilidad de extraer el bulbo por los jornaleros.

Análisis de suelos de las parcelas del cultivo de malanga

Las prácticas agrícolas se reflejan en las condiciones de las propiedades del suelo, lo cual permite interpretar en su conjunto la calidad del suelo, la cual es la capacidad del suelo

para producir alimentos (De la Cruz & Fontalvo, 2019). El cultivo de malanga ha evidenciado el uso diario de agua, el uso constante de agroquímicos, así como actividades mecanizadas; las cuales forman parte de las prácticas para la producción del cultivo. Con la finalidad de determinar la calidad del suelo con base en los parámetros ya establecidos, tanto de la NOM-021-SEMARNAT-2000 como de la Guía para la evaluación visual de la calidad del suelo, se efectuó el análisis e interpretación en las parcelas del cultivo de malanga. Los resultados obtenidos se concentraron en la Tabla 3.

Tabla 3

Caracterización de las condiciones del suelo de las parcelas de malanga (Colocasia esculenta L. Shott)

Parcelas	Clase textural	pH	CE (dS/ m)	Porcentaje MO	Agregados	Densidad de lombrices	Erosión hídrica
P1	Arcillosa	8.61 ^(a) (FA)	4.516 ^(a) Suelo salino	12.99% ^(a) (Alto)	Macroagregados (Condición pobre)	11 ind. / m ² (MP)	76 g
P2	Arcillosa	8.45 ^(a) (MA)	3.971 ^(a) (MS)	11.76% ^(a) (Alto)	Macroagregados (Condición pobre)	48 ind. / m ² (Bueno)	91.4 g
P3	Arcillosa	8.66 ^(a) (FA)	4.801 ^(a) Suelo salino	7.89% ^(b) (Medio)	Macroagregados (Condición pobre)	40 ind. / m ² (Bueno)	91.65 g

Nota: Pruebas realizadas en el rancho Las Margaritas, Actopan-Veracruz. FA: Fuertemente alcalino; MA: Medianamente alcalino; MS: Moderadamente salino; MP: Moderadamente pobre. Los valores de referencia e interpretación se hicieron con base en la NOM-021 SEMARNAT-2000 y la Guía para la evaluación visual de la calidad del suelo.

En las tres parcelas resultó una textura arcillosa. El pH fue fuertemente alcalino en la P1 y P3, mientras que, en la P2, fue medianamente alcalino; pero los valores entre las tres parcelas no son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

La conductividad eléctrica reveló que existe una acumulación de sales en las tres parcelas. En la P1 y P3 resultaron suelo salino, mientras que en la P2 fue moderadamente salino; dichos valores no son estadísticamente diferentes entre ellos ($p > 0.05$), por lo que las tres parcelas tienen suelo salino.

La materia orgánica fue alta en la P1 y P2, ambas diferentes estadísticamente ($p < 0.05$) con la P3; la cual resultó con un porcentaje medio, por lo que materia orgánica va disminuyendo conforme van creciendo las plantas, aún con la fertilización.

Por último, el parámetro físico y biológico, en comparación con la guía, resultó que los agregados tuvieron una condición pobre en todas las parcelas como consecuencia de la inundación; mientras que, la densidad de lombrices fue moderadamente pobre en la P1, pero en la P2 y P3 fue de condición buena.

Por otro lado, se comprobó la existencia de una pérdida de suelo como resultado del constante riego utilizado para el cultivo. Las parcelas tuvieron valores que variaron de 76 g a 91.65 g de pérdida de suelo en tres meses. La parcela con mayor y menor pérdida fue la P3 y P1, respectivamente. Sin embargo, esta última inició sin plantas y al término de los

tres meses con plantas de 40 días. Por lo que se observó mayor pérdida de suelo con plantas de mayor tamaño, es decir la P3, la cual tenía plantas de cinco meses de crecimiento.

Las propiedades del suelo se han observado afectadas ocasionando impactos moderados (Ver matriz de impactos) en estas, por el sistema de producción de malanga. Una de las propiedades sobre la cual se ha estudiado en los cultivos de malanga es la materia orgánica; la cual en Las Margaritas fue alta, pero con el crecimiento del cultivo disminuyó como se refleja en la P3. Dada las constantes fertilizaciones, esta aumenta y disminuye. Con este uso de fertilizantes, también se han desencadenado problemas de salinidad. Adicionalmente, no se conoce la productividad de estos agroquímicos, por lo cual de seguir lo indicado por Basantes (2016) y Suja (2017), quienes obtienen mayores rendimientos con el uso de composta, e incluso dosis de silicio, obtienen como resultado mayor peso del bulbo de malanga; el cual es de interés económico, debido a la gran cantidad de carbohidratos que posee (Lloyd *et al.*, 2021).

Otras propiedades edáficas afectadas con la salinidad es el pH alto, lo que provoca una hinchazón de las arcillas, inhibiendo los agregados (Zhang *et al.*, 2018); razón por la cual el suelo de las parcelas presenta una condición pobre en estos parámetros, además de la condición de inundación. A pesar de la condición de los agregados, la densidad de lombrices no

se vio afectada, aunque no se observó mayor riqueza de micro y meso fauna del suelo.

Autores como Kiss (2021) mencionan que la micro y meso fauna del suelo es afectada por la inundación y uso de agroquímicos, provocando una disminución por las condiciones anóxicas del suelo; lo cual presenta similitud con los cultivos de arroz que también reporta, a su vez, pérdida de suelo por acción del agua. En el caso del cultivo de malanga, se evidenció la pérdida de suelo, pero no del tipo de partícula; por lo que, dada la similitud con los cultivos de arroz en el cual se han reportado la pérdida de arcillas y limos, de primera instancia se infiere que estas mismas son las que se podrían estarse perdiendo (Morton et al., 2015). Pero este es otro estudio que se debe profundizar.

Todos los impactos resultantes del análisis suelo fueron moderados, mientras que, en la etapa de mantenimiento y cosecha, los impactos se vuelven críticos, en las condiciones de pH y CE; principalmente por el uso de agua y de agroquímicos con mayor frecuencia.

Análisis de agua

Como anteriormente se describió, el cultivo de malanga se encuentra comúnmente bajo condiciones de inundación; por lo que se monitorearon el pH y CE del agua para conocer cómo es que estos cambian a lo largo de su trayecto hasta el fin de la parcela. Los resultados a la entrada y salida de la parcela indican los siguientes valores promedios en la tabla 4 y 5.

Tabla 4

Resultado de los análisis de agua antes de la fertilización

pH		Conductividad	
Entrada	Salida	Entrada	Salida
7.39	8.1	0.31 dS/m	0.38 dS/m

Nota: Los valores de referencia e interpretación se hicieron con base en la NOM-021 SEMARNAT-2000 y los CE-CCA-001/89.

Tabla 5

Resultado de los análisis de agua después de la fertilización

pH		Conductividad	
Entrada	Salida	Entrada	Salida
7.62	8.3	0.38 dS/m	0.43 dS/m

Nota: Los valores de referencia e interpretación se hicieron con base en la NOM-021 SEMARNAT-2000 y los CE-CCA-001/89.

Antes y después de la fertilización, los parámetros muestran que el agua es medianamente alcalina, según la interpretación de los CE-CCA-001/89 y la NOM-021-SEMARNAT-2000. En cuanto a los valores de la CE, alcanzan diferencias significativas ($p < 0.05$) debido al aumento en su concentración. En ambas condiciones de antes y después de la fertilización la salinidad es despreciable de acuerdo con los CE-CCA-001/89 y NOM-021-SEMARNAT-2000. Los valores de estos dos parámetros no tienen ninguna restricción, es decir, se encuentra en condiciones adecuadas para su utilización según la normatividad mexicana. Por lo que, aunque existe un aumento en las condiciones, para la normativa mexicana no implica ningún riesgo.

Las condiciones del agua se encontraron dentro de lo establecido por los CE-CCA-001/89, pero de interpretarse con los estándares mencionados por Puñales (2016). El agua presenta una salinidad media o moderada desde su llegada hasta la parte final, donde además esta incrementa dado el trayecto que recorre. Esto refleja la permisibilidad de la normativa mexicana, la cual no tiene una norma establecida con respecto a la calidad del agua de riego.

El consumo de agua para el cultivo de malanga ha sido tema de investigación por diversos autores, debido a sus altas tasa de consumo. En el caso de Las Margaritas, se requiere 1,897.0848 m³ diarios para una parcela de tres hectáreas y media, desviando así el

15% del canal principal, el cual en temporada de invierno transporta un aproximado de 12,389.76 m³. Este consumo diario también se debe a las creencias de los productores: entre más agua tenga el cultivo, mayores rendimientos obtendrá. Sin embargo, si bien es un cultivo hidrófilo, los autores Basantes (2016), Daryanto (2016) y Suja (2017), afirman que los altos rendimientos de la malanga no se debe al uso constante del agua, sino a la fertilidad del suelo, lo que a su vez coincide con Wambui et al. (2023), quienes mencionan que los suelos de textura fina como en Las Margaritas, donde el suelo es arcilloso, almacena mayor humedad permitiendo la disminución los regímenes de riego hasta un 30%.

Beneficios sociales y derrama económica

En el aspecto social, el cultivo de malanga ha reportado múltiples beneficios debido a la generación de empleos. Las Margaritas tiene más de 100 empleados, incluyendo los trabajadores del empaque; pero el personal varía, ya que los sacadores de coco, lavadores de malanga y jornaleros aumentan y/o disminuyen constantemente según las necesidades y demanda de la empresa.

En términos específicos, el personal de campo tiene predominancia de hombres, entre 15 a 35 años de edad, con primaria terminada o trunca. Ellos perciben que su empleo es “bien pagado”, generándoles estabilidad, además de tener la opción de ser hijos.

Dada la estabilidad y la remuneración que genera, al cultivo de malanga llegan personas en busca de empleo. En Las Margaritas, a la fecha que se llevó a cabo esta investigación, 29 de 54 trabajadores eran foráneos provenientes de los municipios de Xico y Alto Lucero, Veracruz; los cuales no permanecen más de un año en el empleo, debido a las condiciones de trabajo, así como el distanciamiento familiar. Esto ocasiona que solo vallan por temporadas, a pesar de que la empresa brinda comidas (desayuno y comida), hospedaje y transporte para ellos. Los otros 25 trabajadores son del municipio de Actopan, Hidalgo, por lo que tienen este empleo como fijo. De ellos, solo el 33 % tienen un plazo mayor a 5 años. Estos mismos empleados mencionan que, en comparativa con los empleos temporales generados por el cultivo de mango y la caña de azúcar, el cultivo de malanga les brinda mayor estabilidad y confort, ya que se genera empleo durante todo el año. Asimismo, también hay trabajadores que prefieren ir por temporadas, debido a lo pesado de las actividades como abonar y cargar bajo condiciones de humedad.

Otro de los aspectos observados es el desconocimiento de los trabajadores de campo con respecto a las medidas de seguridad que se deben tomar al trabajar, o estar en contacto con los agroquímicos. Pues el 81% de los trabajadores señalan que no cuentan con medidas de seguridad. El 19% restante señalan que sí utilizan equipo: mascarillas, guantes, gafas,

pañuelos y bolsas como sistema de protección al momento de fumigar y abonar; por lo que en su mayoría lo desconocen y la empresa tampoco brinda dicho equipo.

Los beneficios sociales y económicos del cultivo son de lo que más se ha descrito con respecto de este cultivo, generando impactos moderados y críticos en la oferta de empleo (Ver matriz de impactos), como lo mencionan Mancilla et al., (2019). Asimismo, este cultivo ha provocado estabilidad para los trabajadores tanto en hombres como mujeres; pues los primeros se encuentran principalmente en campo, pero las segundas son predominantes en lavado y empaque del producto. Ello cumple con uno de los principales objetivos de la introducción del cultivo, como se mencionó en la publicación de Olguín (2011), este era mejorar la calidad de vida de las comunidades veracruzanas. Sin embargo, el uso de los agroquímicos sin protección genera riesgo en la salud de los trabajadores (García et al., 2018; Salazar *et al.*, 2017).

Todos los beneficios sociales ocasionados por la producción de malanga son debido a su rentabilidad económica, ya que la inversión para este cultivo es considerablemente baja de un aproximado de \$123,000.00 MXN por hectárea, en comparación con la ganancia de hasta \$700,000.00 MXN por hectárea; lo que indica que llegan a triplicar la inversión, por lo menos, e incluso generar más según el precio en el mercado.

Los altos rendimientos justifican de alguna manera que los productores cambien de mango a malanga. Nazario-Lezama, (2018) hace una comparación entre mango y malanga en el que se evidencia que entre los años 2018, 2019 y 2020, la malanga tuvo una mayor producción con respecto del mango; y por ende, su valor monetario fue casi cinco veces mayor que el mango. Por otro lado, este mismo autor menciona que en el 2017, la malanga tenía un precio de \$5.00 el kilogramo, por lo que, en comparación con precios más reciente de hasta \$25.00 el kg, ha incrementado sus precios hasta 3 ó 5 veces más en cinco años, por lo que las utilidades están siendo mayores, y se

posiciona como un negocio agrícola rentable (Fernández *et al.*, 2024).

Matriz de importancia del impacto

Todos los hallazgos reportados anteriormente, se concentran en la siguiente matriz de impactos (Tabla 6), la cual demuestra el notable crecimiento y desarrollo del cultivo de malanga en el municipio de Actopan, Veracruz, donde ha superado y sigue superando a otros cultivos tradicionales, en términos de su tasa de crecimiento por los beneficios económicos. Estos resultados respaldan la tendencia observada en este cultivo, pero al mismo tiempo se observa la degradación en la calidad del suelo y del agua.

Tabla 4

Matriz modificada de Conesa (1997) para el cultivo de malanga – rancho Las Margaritas, Actopan-Veracruz

Factores ambientales afectados			Etapas del cultivo			
			Preparación del terreno	Siembra	Mantenimiento del cultivo	Cosecha
			Importancia	Importancia	Importancia	Importancia
Medio físico	Agua	pH	-40	-54	-56	-28
		CE	-22	-54	-56	-28
		Características físicas:	-32	-32	42	-28
		Textura				
		Agregados	-32	-44	-54	-28
		Características químicas:	14	30	-32	-27
	Materia orgánica (MO)					
	Suelo	pH	-44	-24	-56	-56
		CE	-44	-24	-56	-56
		Características biológicas:	-14	-22	34	-30
Densidad de lombrices						
	Erosión hídrica	-17	-30	-46	-28	
Medio biótico	Flora	Riqueza	-25	-46	-18	-25
	Fauna	Riqueza	-25	-22	-21	-21
	Paisaje	Homogéneo o heterogeneidad	-47	-19	-49	-35
Medio socioeconómico	Trabajadores	Salud	-40	-36	-48	-36
		Empleo	26	47	53	53

Nota: Verde: importancia del impacto compatible; Amarillo: importancia del impacto moderado; Naranjado: importancia del impacto crítico. E-CCA-001/89.

El medio físico tiene mayor predominancia de impactos moderados y críticos, como consecuencia de las prácticas agronómicas que se realizan como la inundación, los procesos mecanizados, el uso de agroquímicos y el exceso de plantas por hectárea.

El medio biótico tiene impactos moderados debido a la eliminación de maleza en la siembra; sin embargo, la riqueza aparentemente no es alta. Mientras que el paisaje tiene impactos como consecuencia del proceso productivo de la malanga, por lo que haciendo una comparación con un 1 km a la redonda se observa un impacto moderado, debido a la heterogeneidad del paisaje; lo que finalmente respalda lo mencionado por Arce & Birke (2018), que son los cambios de cultivos en la región de Actopan.

Finalmente, el medio socioeconómico tuvo impactos moderados en la salud, debido al riesgo que se genera en los trabajadores. A pesar de ellos, también resultaron impactos críticos positivos, debido a la oferta laboral que genera el cultivo.

4. Conclusiones

Se concluye que el cultivo de malanga en la región de Actopan, Veracruz ha generado benefi-

cios sociales y económicos, referidos a la alta rentabilidad económica y la generación de empleo. Sin embargo, de manera general existe una degradación del medio ambiente, dado el sistema de producción del cultivo; evidenciando diversos impactos ambientales críticos como la salinidad y alcalinidad del suelo y agua. Asimismo, se vislumbra un factor de riesgo en la salud de los trabajadores, debido a las prácticas agronómicas por el manejo y aplicación inadecuada de los plaguicidas, así como la falta de uso del equipo de protección personal, exponiéndose de manera directa a estos.

Por lo que, de continuar con el mismo sistema de producción en un plazo mediano o largo, habrá un deterioro eminente en el recurso de suelo; principalmente, provocando la disminución de la producción de este cultivo en la región de Actopan, Veracruz, específicamente en el rancho Las Margaritas, en donde este verá disminuida su capacidad para continuar desarrollando las actividades agrícolas. Por lo que es importante continuar realizando monitoreos constantes, y capacitar a los trabajadores acerca de prácticas con menor impacto ambiental. Pero también difundir entre ellos los posibles riesgos que tienen por no utilizar el EPP.

5. Referencias

- Aguilar-González, X.; Ronquillo-Cedillo, I.; Ávila-Nájera, D. M.; Rodríguez-Hernández, C.; Pedraza-Mandujano, J. & Martínez-Jiménez, D. L. (2022). Riesgos a la salud por el uso de herbicidas. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, 10(1), 23–33. <https://doi.org/10.5377/payds.v10i1.13341>
- Alocén, J. C. (2007). *Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego*. FAO; Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA). <https://www.fao.org/3/at787s/at787s.pdf>

- Araujo-Cruz, T. P.; Pulido-Romero, M. Y. & Córdova Rosas, S. (2011). *Malanga a la ciudad de Los Angeles, California* [Especialización en Administración del Comercio Exterior, Universidad Veracruzana]. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/35047/araujocruzmania.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arce-Castro, B. A. & Birke-Biewendt, A. B. (2018). Malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) and chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) by mango 'Manila' (*Mangifera indica* L.): *Changues in agricultural system of the central basin of the Actopan, Veracruz*. 11, 5.
- Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercado. (2022). CUESTIONARIO_AMAI_2022.pdf. https://www.amai.org/descargas/CUESTIONARIO_AMAI_2022.pdf
- Basantes, E.; Penafiel, M.; Barahona, M.; Mohiddin, J.; Cuaycal, A.; Santiago, A. & Aguas, B. (2016). Effect of silicon in Taro crop (*Colocasia esculenta*) in combination with two levels of organic matter. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences*, 18, 2016–2807.
- Carrión, R. & La Mattina, D. (2015). *Manual de capacitación: Medición del agua de riego* (1a ed.). INTA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_medicion_del_agua_de_riego.pdf
- Conesa, F. V. (2009). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa. <https://books.google.com.co/books?id=wa4SAQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Daryanto, S.; Wang, L. & Jacinthe, P.-A. (2016). Drought effects on root and tuber production: A meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 176, 122–131. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.05.019>
- de-la-Cruz-Elizondo, Y. & Fontalvo-Buelvas, J. C. (2019). Evaluación de la calidad del suelo de un huerto urbano en Xalapa, México. *Suelos Ecuatoriales*, 49(1–2), 29–37.
- Disner, G. R.; Falcão, M. A. P.; Andrade-Barros, A. I.; Leite-dos-Santos, N. V.; Soares, A. B. S.; Marcolino-Souza, M.; Gomes, K. S.; Lima, C. & Lopes-Ferreira, M. (2021). The Toxic Effects of Glyphosate, Chlorpyrifos, Abamectin, and 2,4-D on Animal Models: A Systematic Review of Brazilian Studies. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 17(3), 507–520. <https://doi.org/10.1002/ieam.4353>
- Dominguez-Solis, D.; Rodríguez, M. C. M. & Alvarado-Cardona, M. (2023). Implementación de estrategias para un desarrollo sustentable en México: Una reflexión social, política y cultural. *Revista Investigium IRE Ciencias Sociales y Humanas*, 14(1), Article 1. <https://doi.org/10.15658/10.15658/INVESTIGIUMIRE.231401.06>

- Fernández, C. S. P.; Morales, M. de los A. C., Vázquez, N. E. P., & Moreno, J. R. (2024). Exportación de Malanga Frita Producida en Actopan, Veracruz a Vancouver. Un Impulso a las Finanzas Sostenibles. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), Article 4. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12681
- Galán-Méndez, A. (2013). *Retórica del FIDECOAGUA: cerca de dos décadas de operatividad ¿Éxito o fracaso?* 2, 14.
- García-Hernández, J.; Leyva-Morales, J. B.; Martínez-Rodríguez, I. E.; Hernández-Ochoa, M. I.; Aldana-Madrid, M. L.; Rojas-García, A. E.; Betancourt-Lozano, M.; Pérez-Herrera, N. E. & Perera-Ríos, J. H. (2018). Estado actual de los plaguicidas en México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(esp01), 29–60. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.esp01.03>
- García-Miguel, J. P. (2007). *Técnicas básicas de muestreo con SAS* (1a ed.).
- Garmendia, G. M. (2020). Desarrollo sostenible y políticas públicas: Enfoque de la ONU y ecología política. *Revista Ciencia Jurídica y Política*, 6(12), 73–87.
- Hudson, N. W. (1997). *Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía*. Food & Agriculture Org.
- INEGI. (2022). *Espacio y datos de México*. INEGI; Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/default.aspx>
- Kiss, T. B. W.; Chen, X.; Ponting, J.; Sizmur, T. & Hodson, M. E. (2021). Dual stresses of flooding and agricultural land use reduce earthworm populations more than the individual stressors. *Science of The Total Environment*, 754, 142102. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142102>
- Lloyd, G. R.; Uesugi, A. & Gleadow, R. M. (2021). Effects of Salinity on the Growth and Nutrition of Taro (*Colocasia esculenta*): Implications for Food Security. *Plants*, 10(11), 2319. <https://doi.org/10.3390/plants10112319>
- Mancilla-Álvarez, E.; Ramírez-Mosqueda, M. A.; Arano-Avalos, S.; Núñez-Pastrana, R. & Bello-Bello, J. J. (2019). In Vitro Techniques to the Conservation and Plant Regeneration of Malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott). *HortScience*, 54(3), 514–518. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13835-18>
- Mendoza-B., R. & Espinoza, A. (2017). *Guía Técnica para Muestreo de Suelos* (1a ed.). <https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>
- Morton, L. W.; Hobbs, J.; Arbuckle, J. G. & Loy, A. (2015). Upper Midwest Climate Variations: Farmer Responses to Excess Water Risks. *Journal of Environmental Quality*, 44(3),

810–822. <https://doi.org/10.2134/jeq2014.08.0352>

Navarrete-Reche, M. del P. (2020). *Aplicación de técnicas de muestreo en investigación de mercados*. <https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/12800/1/TFG1.pdf>

Nazario-Lezama, N.; Arvizu-Barrón, E.; Mayett-Moreno, Y.; Álvarez-Ávila, M. del C. & García-Pérez, E. (2020). Producción y comercialización de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Shott) en Actopan, Veracruz, México: Perspectiva de cadena de valor. *Agro Productividad*, 13(5). <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1660>

Nazario-Lezama, N. N. (2018). *Análisis de la cadena de valor de malanga (Colosia esculenta L. Shott) en Veracruz, México* [Maestría en Ciencias]. Colegio de posgraduados (COLPOS).

Noellemeyer, E. & Quiroga, A. (2021). *Guía para la evaluación visual de la calidad del suelo*. 44.

Olguín-Palacios, C. & Álvarez-Ávila, M. del C. (2011). *La Malanga (Colocasia esculenta (L.) Schott) bajo un enfoque de investigación-desarrollo*. 8.

Puñales, L. T. T. (2016). *Water quality for irrigation water, main measurement indicators and processes that affect them*. 4(1), 47–61.

Reddy, D. S. (2023). Chapter 20—Advances in targeted therapy of organophosphate neurotoxicity and chemical warfare nerve agents. En S. Das, S. Thomas, & P. P. Das (Eds.), *Sensing of Deadly Toxic Chemical Warfare Agents, Nerve Agent Simulants, and their Toxicological Aspects* (pp. 489–500). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90553-4.00026-3>

Salazar-Magallón, J. A.; Somoza-Vargas, C. E.; Pérez-Armendáriz, B.; Velásquez-Soriano, M.; Torres-García, G.; Huerta-de-La-Peña, A., & Ortega-Martínez, L. D. (2017). Uso y manejo de plaguicidas en diferentes sistemas de producción de fresa en México. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, 6, 27–42. <https://doi.org/10.5377/payds.v6i0.5717>

SEMARNAT. (2001). *La Gestión Ambiental en México*. http://www.semarnat.gob.mx/libro_blanco/presentacion/presentacion.shtml

Singh, J. & Singh, S. (2014). Environmental exposure and health risks of the insecticide monocrotophos -a review. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 5, 2220–6663.

Suja, G.; Byju, G.; Jyothi, A. N.; Veena, S. S. & Sreekumar, J. (2017). Yield, quality and soil health under organic vs conventional farming in taro. *Scientia Horticulturae*, 218, 334–343. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.02.006>

- Temesgen, M.; Retta, N. & Temesgen, M. (2015). *Nutritional Potential, Health and Food Security Benefits of Taro Colocasia Esculenta (L.): A Review*. 9.
- Velázquez-Cigarroa, E. & Sánchez-Carrasco, M. J. (2021). Sociedad, *permacultura y agricultura sustentable*. <https://omp.siea.org.mx/omp/index.php/omp/catalog/view/5/109/153>
- Wambui-Njuguna, J.; Karuma, A. N.; Gicheru, P. & Onwonga, R. (2023). Effects of Watering Regimes and Planting Density on Taro (*Colocasia esculenta*) Growth, Yield, and Yield Components in Embu, Kenya. *International Journal of Agronomy*, e6843217. <https://doi.org/10.1155/2023/6843217>
- Zhang, W.; Wang, C.; Lu, T. & Zheng, Y. (2018). Cooperation between arbuscular mycorrhizal fungi and earthworms promotes the physiological adaptation of maize under a high salt stress. *Plant and Soil*, 423(1), 125–140. <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3481-9>