



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC

LICENCIATURA DE INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

**PRESENCIA DE METALES PESADOS EN LA MATRIZ SUELO, EN EL CULTIVO
DE DURAZNO (*PRUNUS PERSICA* L.)**

TESIS

**QUE PRESENTA
CHRISTIAN JESÚS VILLA JAIMES**

**COMO OPCIÓN DE EVALUACIÓN PROFESIONAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**DRA. EN C. AMB. SHEREZADA ESPARZA JIMÉNEZ
DIRECTOR DE TESIS**

**DR. JORGE JAVIER RAMÍREZ GARCÍA
CODIRECTOR DE TESIS**

TEMASCALTEPEC DE GONZÁLEZ, MÉXICO; AGOSTO, 2025.

RESUMEN

La contaminación por metales pesados en cultivos agrícolas, representa un desafío considerable para la producción sostenible de alimentos, su presencia en los cultivos puede llevar a una disminución significativa en la calidad y seguridad de los alimentos producidos, sugiriendo riesgos potenciales para la salud humana y el medio ambiente, debido a su toxicidad. El objetivo del presente trabajo fue determinar la presencia de metales pesados (Arsénico: AS, Cadmio: Cd, Cobre: Cu, Cromo: Cr, Mercurio: Hg, Plomo: Pb) en suelo, hoja y fruto, en el cultivo de durazno (*Prunus persica* L.) en una zona del municipio de Temascaltepec, estado de México. Se realizaron análisis físicos y químicos previos del suelo para la caracterización de las muestras; para la determinación de metales pesados, se utilizó un Agilent 8800 ICP-QQQ, con digestión de Materia Orgánica de las muestras en horno de microondas, de acuerdo con el manual de análisis elemental Sección 4.7 ICP-MS Meth. El estudio confirma la presencia de residuos de metales pesados en suelo y hoja, no así en el fruto de durazno en la región de Temascaltepec. Los niveles de concentración de algunos de estos metales: Cadmio ($102.6186 \text{ mg kg}^{-1}$), Cromo ($699.3591 \text{ mg kg}^{-1}$) y Plomo ($12,257.8144 \text{ mg kg}^{-1}$), superan significativamente los límites máximos permitidos, según la legislación ambiental de diversos países para la matriz suelo. Estos metales pueden acumularse en los suelos agrícolas a través de fuentes como aguas residuales industriales, pesticidas y fertilizantes. Esta acumulación resulta en la absorción de metales por las plantas, afectando su crecimiento y desarrollo. Además, el potencial daño a la salud, es un tema que debe ser investigado a detalle. Se recomienda promover prácticas agrícolas sostenibles para reducir la acumulación de estos metales tóxicos y minimizar su impacto ambiental.

CONTENIDO

RESUMEN	II
CONTENIDO	III
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. GENERAL.....	3
2.2. ESPECÍFICOS	3
III. HIPÓTESIS	4
IV. JUSTIFICACIÓN	5
V. MATERIAL Y MÉTODO	6
5.1. MEDIO FÍSICO DEL MUNICIPIO	6
5.2. MUESTREO.....	6
5.2.1. TOMA DE MUESTRAS DE SUELO	6
5.2.2. ANÁLISIS DE MUESTRAS PARA CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS	7
5.2.3. ANÁLISIS DE MUESTRAS PARA METALES PESADOS.....	7
5.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	9
VI. RESULTADOS.....	10
VII. CONCLUSIONES	16
VIII. RECOMENDACIONES	17
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

I. INTRODUCCIÓN

La producción del durazno (*Prunus persica* L.) es de suma importancia para el consumo de los seres humanos, destaca un papel importante como una fruta deliciosa, este fruto se da en un árbol, es de climas templados con gran altura. El estado de México, particularmente, inició su producción comercial en los setenta y fue el durazno conocido como San Gabriel o Lucero el material genético más importante en esas épocas y hasta los años noventa.

La producción de durazno en el estado de México, particularmente en el municipio de Temascaltepec, no solo tiene un impacto económico significativo, ya que aporta el 8.3 % de la producción nacional, sino que también puede contribuir a la mejora de la calidad de vida de los agricultores locales. Actualmente el manejo del cultivo de durazno involucra la utilización de productos químicos, así como de sustancias que pueden alterar la actividad biológica del suelo y la salud de la planta.

Uno de los objetos de preocupación en el sector tanto industrial como de salud, es la presencia de metales pesados, que ocupa a todos los sectores involucrados en la producción y comercialización. Es posible que la región esté explorando métodos en el manejo agrícola o el uso de variedades más resistentes a enfermedades, que pueden contribuir a la presencia de agentes tóxicos en los sitios de cultivo, principalmente la matriz suelo.

El objetivo del presente trabajo es identificar la presencia de metales pesados que pueden estar presentes en el suelo, en el cultivo de durazno en el municipio

de Temascaltepec, con la finalidad de conocer si las prácticas de manejo utilizadas actualmente puedan causar daños ambientales y a la salud.

II. OBJETIVOS

2.1. General

Identificar si existe presencia de metales pesados en el suelo, componentes vegetales y fruto utilizados en el cultivo de durazno.

2.2. Específicos

1. Analizar por cromatográfica líquida las muestras del componente suelo, planta y fruto del cultivo de durazno.
2. Determinar la presencia de metales de las muestras analizadas.
3. Brindar alternativas de manejo para la producción del cultivo de durazno.

III. HIPÓTESIS

El cultivo de durazno en el municipio de Temascaltepec, México, presenta residuos de metales pesados debido al manejo de productos químicos, así como de la actividad minera de la zona.

IV. JUSTIFICACIÓN

El durazno es uno de los cultivos más importantes para la economía local cultivo agrícola en el municipio de Temascaltepec, reconocido por actividad agrícola. Sin embargo, el uso inadecuado o excesivo de plaguicidas a lo largo de los años, así como ser un territorio donde se ha desarrollado la minería, podría generar riesgos significativos la presencia de metales pesados, tanto para la salud humana como para el medio ambiente. La identificación precisa de la existencia de algún tipo de residuo de metales, permitirá evaluar el impacto en los suelos, los cuerpos de agua y la biodiversidad de la región.

Identificar si existe presencia de algún tipo de metal en la matriz de suelo, proporcionará información valiosa para los agricultores, ayudándoles a adoptar prácticas agrícolas más sostenibles y eficaces. También permite conocer el estado actual sobre el cumplimiento de las normativas ambientales y de salud pública, que son cada vez más exigentes, asegurando que los productos agrícolas sean seguros para el consumo y puedan competir en mercados que demandan productos de alta calidad.

Finalmente, identificar la existencia de metales empleados en el suelo, se pueden diseñar estrategias para manejo de los cultivos, o bien, el uso de alternativas biológicas o prácticas que contribuyan a mejorar la sostenibilidad del cultivo de durazno en la región.

V. MATERIAL Y MÉTODO

5.1. Medio físico del municipio

El municipio de Temascaltepec se encuentra ubicado geográficamente en las coordenadas; Entre los paralelos 18°59' y 19°14' de latitud norte; los meridianos 99° 49' y 100° 14' de longitud oeste; con una altitud de entre 1,100 y 3,800 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

Las colindancias del municipio son: al norte con los municipios de Valle de Bravo, Amanalco y Zinacantepec; al este con los municipios de Zinacantepec y Coatepec Harinas; al sur con los municipios de Coatepec Harinas, Texcaltitlán, San Simón de Guerrero y Tejupilco; al oeste con el municipio de Zacazonapan.

5.2. Muestreo

La toma de muestras se realizó en la localidad de San Andrés de los Gama, municipio de Temascaltepec.

5.2.1. Toma de muestras de suelo

Se tomaron muestras de suelo a profundidad de 40 cm. Los análisis de las muestras se realizaron en el Laboratorios de Suelos, del Centro Universitario UAEM Temascaltepec y Centro Nacional de Referencia de Plaguicidas y Contaminantes (SENASICA).

5.2.2. Análisis de muestras para características fisicoquímicas

Para los análisis fisicoquímicos de las muestras de suelo, se reportan en rangos medios según resultados reportados por Ortiz Olivares y Barrueta Aquino (2024), para los mismos sitios de parcelas y muestras tomadas del mismo cultivo.

5.2.3. Análisis de muestras para metales pesados

Se determinaron por el método análisis de suelo usando un Agilent 8800 ICP-QQQ, con digestión de Materia Orgánica de las muestras en horno de microondas, de acuerdo con el manual de análisis elemental Sección 4.7 ICP-MS Meth.

La determinación de metales pesados en muestras de suelo utilizando un espectrómetro de masas con plasma de acoplamiento inductivo de triple cuadrupolo (ICP-QQQ), como el Agilent 8800, implica la digestión de la materia orgánica de la muestra en un horno de microondas y luego el análisis de los metales disueltos. El proceso generalmente incluye la extracción de los metales del suelo, la separación de la materia orgánica y la medición de la concentración de los metales con el ICP-QQQ.

1. Preparación de la muestra:

- a. Se toman muestras representativas de suelo y se secan para eliminar la humedad.
- b. La materia orgánica se digiere mediante el uso de un horno de microondas y ácidos como ácido nítrico (HNO_3), ácido clorhídrico (HCl) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2). Esta digestión descompone la materia orgánica y libera los metales para su análisis posterior.

2. Digestión de la muestra:

- a. Se utiliza un horno de microondas para calentar la muestra con los ácidos, lo que acelera la digestión de la materia orgánica y la disolución de los metales.
- b. La digestión en horno de microondas es un método rápido y eficiente para la preparación de muestras de suelo para el análisis de metales.

3. Análisis con ICP-QQQ:

- a. Una vez digerida la muestra, se diluye con agua ultrapura para llevarla a una concentración adecuada para el análisis con ICP-QQQ.
- b. El ICP-QQQ es un instrumento analítico muy sensible que permite la determinación de metales en bajas concentraciones.
- c. Los metales disueltos en la solución se ionizan en el plasma de acoplamiento inductivo, y luego pasan a través de dos etapas de cuadrupolo, que actúan como filtros de masa.
- d. El primer cuadrupolo selecciona iones de un determinado rango de masa, mientras que el segundo cuadrupolo puede ser usado para reacciones de derivatización de los iones seleccionados, permitiendo así la identificación y cuantificación de los metales presentes.

4. Cuantificación:

- a. La señal obtenida del ICP-QQQ se utiliza para determinar la concentración de cada metal pesado en la muestra original.
- b. Se utilizan estándares de referencia de concentración conocida para calibrar el instrumento y asegurar la precisión de las mediciones.

5.3. Diseño experimental

El estudio se realizó en tres huertas diferentes, se dividieron las huertas en dos partes, a llamadas parcelas (P1, P2). De cada parcela se tomaron muestras de suelo, en las zonas donde había presencia de árboles.

VI. RESULTADOS

Los resultados indican que hay presencia de Arsénico, Cadmio, Cromo y Plomo, para las tres huertas analizadas, el Cadmio (Cd) se vio presente en mayor cantidad mg kg^{-1} en la huerta 2, el Cromo mg kg^{-1} para la huerta 1, y el contenido de Plomo mg kg^{-1} para la huerta 3.

Cuadro 1. Resultados para la matriz suelo.

SUELO	ARSENICO	CADMIO	COBRE	CROMO	MERCURIO	PLOMO
	(mg kg^{-1})					
H1P1	141.3363	96.1397	No cuantificable	705.4078	No cuantificable	13761.1120
H1P2	127.9185	96.5710	No detectado	735.8601	No cuantificable	13118.0697
H2P1	No cuantificable	116.9016	No cuantificable	699.1737	No cuantificable	13247.1113
H2P2	No cuantificable	106.3662	No cuantificable	635.2556	No cuantificable	9628.9439
H3P1	No cuantificable	97.1146	No cuantificable	721.0985	No cuantificable	11533.8353
H3P2	No cuantificable	No cuantificable	No cuantificable	No cuantificable	No cuantificable	No cuantificable

H1P1: Huerta 1-Parcela 1; H1P2: Huerta 1-Parcela 2, H2P1: Huerta 2-Parcela 1, H2P2: Huerta 2-Parcela 2; H3P1: Huerta 3-Parcela 1; H3P2: Huerta 3-Parcela 2.

En relación con las concentraciones de cadmio (Cd) determinadas, se observa que estas superan de manera significativa, en todos los casos evaluados, los límites máximos permitidos establecidos por la legislación ambiental de diversos países. Entre estos referentes normativos se incluyen Ecuador, con un valor máximo de 2 mg kg^{-1} ; Holanda, con 0.8 mg kg^{-1} ; Chile, con 2 mg kg^{-1} ; Canadá,

con 1.6 mg kg^{-1} ; y la Unión Europea, que fija un límite de 5 mg kg^{-1} . Esta comparación evidencia que los niveles encontrados representan un riesgo potencial desde el punto de vista ambiental y sanitario, al situarse por encima de estándares internacionalmente aceptados.

En el caso específico de México, si bien existe un proyecto de Norma Oficial Mexicana, identificado como PROY-NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, el cual establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por metales pesados tales como arsénico, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo, selenio, talio y vanadio, dicha normativa aún no ha sido publicada de manera definitiva. En consecuencia, actualmente no se cuenta con límites máximos permisibles oficialmente vigentes para este país, lo que dificulta la evaluación normativa y la toma de decisiones en materia de gestión y remediación de suelos contaminados.

Respecto al cadmio, sus principales fuentes de contaminación se asocian directamente con diversas actividades industriales y agropecuarias, entre las que destacan la minería, la aplicación de enmiendas utilizadas para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, así como el uso intensivo de fertilizantes fosfatados (Khan et al., 2017). La distribución, movilidad y biodisponibilidad de los metales pesados dentro del perfil del suelo dependen en gran medida de las características físicas, químicas y biológicas del sistema edáfico. Estas propiedades influyen sobre la actividad y concentración de los metales en la solución del suelo y, por ende, condicionan su disponibilidad para ser absorbidos por las plantas. Entre los factores más relevantes se encuentran el contenido y tipo de arcillas presentes, así como la capacidad de intercambio catiónico (CIC),

los cuales juegan un papel fundamental en los procesos de retención y liberación de metales pesados (Chai et al., 2017).

Es importante destacar que los metales pesados no pueden ser degradados ni destruidos mediante procesos naturales, lo que provoca su acumulación progresiva en el medio ambiente. Esta acumulación sostenida da lugar al fenómeno conocido como contaminación de suelos, el cual representa un problema ambiental de gran relevancia. Por esta razón, el análisis de metales pesados en suelos resulta indispensable, ya que permite identificar y cuantificar concentraciones de elementos químicos potencialmente tóxicos que exceden los niveles permisibles y que pueden convertirse en un riesgo para la salud humana. Dichos riesgos se manifiestan principalmente a través de la contaminación del agua y de la cadena alimentaria, afectando tanto a los ecosistemas como a las poblaciones humanas.

En cuanto a las muestras de hoja analizadas, se detectó predominantemente la presencia de cobre, lo cual podría estar relacionado con el uso frecuente de agroquímicos a base de este elemento en la zona de estudio. Entre estos productos se encuentran el sulfato de cobre y el caldo bordelés, los cuales son aplicados directamente sobre el follaje de las plantas como parte de las prácticas agrícolas habituales. Estos compuestos tienden a no acumularse en los frutos y generalmente alcanzan concentraciones bajas en el suelo. Los resultados obtenidos concuerdan con los reportados en otras regiones de América Latina, donde el uso inadecuado o excesivo de agroquímicos ha generado problemas significativos de contaminación ambiental, particularmente asociados a prácticas agrícolas deficientes (Hernández et al., 2012).

Cuadro 2. Resultados para la matriz hoja.

HOJA	ARSENICO	CADMIO	COBRE	CROMO	MERCURIO	PLOMO
	(mg kg ⁻¹)					
H1P1	No detectado	No detectado	1.2686	0.1719	No detectado	0.0548
H1P2	No detectado	No detectado	1.5395	No cuantificable	No detectado	0.0504
H2P1	No detectado	No cuantificable	1.3631	0.2405	No detectado	0.0527
H2P2	No cuantificable	0.0370	1.6529	0.3743	No detectado	0.0488
H3P1	No detectado	No detectado	1.6637	0.2083	No detectado	No detectado
H3P2	No cuantificable	No cuantificable	1.1410	0.5259	No detectado	0.0786

H1P1: Huerta 1-Parcela 1; H1P2: Huerta 1-Parcela 2, H2P1: Huerta 2-Parcela 1, H2P2: Huerta 2-Parcela 2; H3P1: Huerta 3-Parcela 1; H3P2: Huerta 3-Parcela 2.

La disponibilidad de cobre para las plantas es menor en los suelos alcalinos y mayor en los suelos ácidos.

No se detectó presencia de alguno de los metales analizados, para el caso del fruto. Lo anterior puede deberse a que la bioacumulación y biodisponibilidad del metal, que, al igual que en el caso de los plaguicidas, varían de acuerdo con la concentración, tiempo de exposición y absorción por el suelo y la planta.

Prieto Méndez et al. (2009) señalan que la adsorción de los metales pesados en el suelo se encuentra fuertemente condicionada por el pH, el cual desempeña un papel determinante en la movilidad, disponibilidad y solubilidad de estos elementos. En suelos con valores de pH bajos, generalmente se incrementa la solubilidad de los metales pesados, lo que favorece su liberación hacia la solución

del suelo y, en consecuencia, aumenta su disponibilidad para ser absorbidos por las plantas. Por el contrario, en condiciones de pH más elevado, estos metales tienden a precipitar o a ser retenidos en los coloides del suelo, reduciendo su movilidad y biodisponibilidad.

Cuadro 3. Resultados para la matriz fruto.

FRUTO	ARSENICO	CADMIO	COBRE	CROMO	MERCURIO	PLOMO
(mg kg ⁻¹)						
H1P1	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
H1P2	No detectado	No cuantificable	No cuantificable	No detectado	No detectado	No detectado
H2P1	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado
H2P2	No detectado	No detectado	No cuantificable	No detectado	No cuantificable	No detectado
H3P1	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No cuantificable	No detectado
H3P2	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado

H1P1: Huerta 1-Parcela 1; H1P2: Huerta 1-Parcela 2, H2P1: Huerta 2-Parcela 1, H2P2: Huerta 2-Parcela 2; H3P1: Huerta 3-Parcela 1; H3P2: Huerta 3-Parcela 2.

Diversos estudios han documentado que el plomo (Pb) puede ocasionar múltiples efectos adversos en las plantas, los cuales varían en función de la especie vegetal y del grado de acumulación del metal (Kabata-Pendias, 2000; Rodríguez et al., 2006). En determinadas especies, cuando las concentraciones de plomo en el suelo aumentan progresivamente hasta valores inferiores a 1000 mg de Pb kg⁻¹ de suelo, se observa una rápida acumulación del metal en los órganos vegetativos de la planta. Sin embargo, dichos órganos no toleran concentraciones elevadas de plomo, lo que provoca daños fisiológicos severos y, en muchos casos, la

muerte de la planta. Como consecuencia de esta baja tolerancia, el plomo no llega a translocarse ni a acumularse en el fruto, limitando su presencia a otras partes de la planta.

Por otro lado, metales como el cadmio (Cd) y el zinc (Zn) presentan una mayor capacidad de absorción y acumulación en cultivos hortícolas como el rábano y la zanahoria. En el caso del rábano, se ha reportado que las hojas tienden a concentrar mayores cantidades de estos metales, lo que provoca síntomas visibles de estrés, tales como marchitamiento, así como una reducción en la longitud de las raíces y una disminución significativa de la biomasa total de la planta. En zanahorias, se observa un comportamiento similar, caracterizado por el acortamiento de las raíces y una mayor acumulación del metal en las mismas (Intawongse et al., 2006).

No obstante, en el caso del fruto, al tratarse de un tejido con mayor contenido de lignina y una estructura más compleja, los metales absorbidos desde el suelo tienden a ser retenidos en los componentes vegetativos, limitando su translocación hacia esta parte de la planta. Este comportamiento sugiere que las características anatómicas y bioquímicas de los tejidos vegetales influyen de manera importante en la distribución interna de los metales pesados, condicionando su acumulación diferencial entre raíces, hojas y frutos.

VII. CONCLUSIONES

La acumulación de metales pesados en el cultivo de durazno, en la zona estudiada, refiere resultados de relevancia. Al encontrarse altas concentraciones para la matriz de suelo y planta, no así en el fruto Se atribuye al uso continuo de agroquímicos, en particular de la fertilización fosfatada y a la formación de horizontes de suelo provenientes de zonas mineras.

VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda analizar la relación de la acumulación de metales pesados en diferentes zonas de estudio en especial relacionadas con el contenido de arcillas, materia orgánica y capacidad de Intercambio catiónico del suelo, ya que influyen directamente en el nivel de bioacumulación en los diferentes componentes del cultivo.

Es necesario hacer una revisión de los agroquímicos utilizados en la zona de estudio, principalmente los de origen fosforados y con base de cobre, analizando las concentraciones y número de aplicaciones.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bertha Sofía Larqué Saavedra, B. R. (2009). Aspectos técnicos y caracterización del productor de durazno en el Estado de México, México. Agricultura técnica en Mexico.
- Bertha Sofía Larqué Saavedra¹, D. M.–J. (2009). Aspectos técnicos y caracterización del productor de durazno en el estado de México, México. Agricultura técnica en México.
- Briceño¹, R. F. (2018). Efectos adversos de metales pesados en la agricultura de la cuenca bajadel rio Huaura-provincia Huaura 2017. Revista CIENCIA Y TECNOLOGÍA, 119-131.
- Bustamante-Montes¹, L. P. (2018). Estudio exploratorio sobre la asociación de metales pesados y la nefropatía de etiología desconocida en el poniente del estado de México. Revista internacional de contaminación ambiental.
- Caceres, G. P. (2012). Analisis de costos de la producción de durazno (Prunus persica) en la provincia de pamplona. Face, 145-153.
- Cardenas, J. (1995). Clasificacion de herbicidas. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), 1-4.
- Cardenas, M. (s.f.). Manejo de agroquimicos. San agustin de arequipa, 2009. Obtenido de agroquimicos: insecticidas, fungicidas, herbicidas en modo accion.
- Chai, W., Huang, Y., Su, S., Han, G., Liu, J., & Cao, Y. (2017). Adsorption behavior of Zn (II) onto natural minerals in wastewater. A comparative study of bentonite and kaolinite. Physicochemical Problems of Mineral Processing, 264-278.

- Chen, C., Wang, Y., Qian, Y., Zhao, X., & Wang, Q. (2015). The synergistic toxicity of the multiple chemical mixtures: Implications for risk assessment in the terrestrial environment. *Environ*, 77, 95-105.
- Chen, Y., Lin, Q., He, Y., & Tian, G. B.-d. (2004). Behavior of Cu and Zn under combined pollution of 2,4-dichlorophenol in the planted soil. *Plant Soil* , 261, 127-134.
- Cilia L. Fuentes, Amanda Lozano de Yund, Jairo Arturo Guerrero . (2003). *Agronomía Colombiana. Comportamiento y destino ambiental de la atrazina en el suelo.* 29.
- Cruz-Cruz, N.V y Portillo-Vázquez, M y Pérez-Soto Francisco. (2017). Agro-productividad. Análisis de la producción mundial, nacional, 96-97.
- FAO. (2 de Mayo de 2018). La contaminación de los suelos está contaminando nuestro futuro. Obtenido de Reportajes de la Fao: <https://www.fao.org/newsroom/story/Polluting-our-soils-is-polluting-our-future/es>
- García-Orellana⁶, B. M.-E.-R.-B. (2021). Concentración de metales pesados en suelos agrícolas bajo diferentes sistemas de labranza. *Tecnológicas*.
- Hernández-Reyes B.M & Rodríguez-Palacio M.C.2. (2019). *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal. Uso potencial de cianobacterias como biofertilizante*, 13-27.
- Hernández, R., Alvarado, A., & Romero, R. (2012). Acumulación de cobre en plantas silvestres de zonas agrícolas contaminadas con el metal. *Rev. Ciencia y Tecnología*, 55-61.
- Iannacone, J. (2005). Efecto Ecotoxicológico de tres Metales Pesados Sobre el Crecimiento Radicular de Cuatro Plantas Vasculares. *Agricultura Técnica*.

- Jaime Alberto Félix-Herrán, R. R.-T. (2008). IMPORTANCIA DE LOS ABONOS ORGANICOS. Ra Ximhai, 57-67.
- José Iannacone, L. A. (s.f.). Efecto Ecotoxicológico de tres Metales Pesados Sobre el Crecimiento Radicular de Cuatro Plantas Vasculares. Agricultura t.
- Khan, M. A., Khan, S., Khan, A., & Alam, M. (2017). Soil contamination with cadmium, consequences and remediation using organic amendments. Science of the Total Environment, 1592-1605.
- Londoño-Franco Luis Fernando, I.-M. P.-G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.
- López, M., Rodríguez, B., & España, M. (2010). "Tecnologías generadas por el Inia para contribuir al manejo integral de la fertilidad del suelo". Agronomía Tropical, 315-330.
- Los metales pesados en el suelo. (s.f.). Fertilab.
- Loyde De La Cruz, L. A., & González Méndez. (2022). Suelos agrícolas y metales pesados, una relación tóxica que se puede remediar. Epistemus (Sonora), 93-98.
- Luis Alberto Pérez-García, M. C.-L.-R.-F. (2023). La bioacumulación de metales pesados en el desarrollo de la agricultura Urbana en Moa. Minería y Geología.
- Luis Alberto Pérez-García, M. C.-L.-R.-F. (2023). La bioacumulación de metales pesados y el desarrollo de la agricultura urbana en Moa. Minería y Geología.
- Luis Antonio Loyde De La Cruz, B. G. (2023). Suelos agrícolas y metales pesados, una relación tóxica que se puede remediar. Epistemus (Sonora).
- Luis Antonio Loyde De La Cruz¹, B. G. (2022). Suelos agrícolas y metales pesados, una relación tóxica que se puede remediar. Epistemus (Sonora).

- Mario Antonio Anaya Raymundo, F. M. (2022). Metales pesados en hortalizas y suelos agrícolas irrigados con aguas superficiales: una revisión sistemática. Idesia (Arica).
- Mendoza, M. P. (2007). Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellón. Dialnet.
- Mendoza, P. J. (Diciembre de 2017). El cultivo del maíz en el mundo y en Perú. Univ. Le Cordon Ble, pág. 74. doi:<https://doi.org/10.36955/RIULCB.2017v4n2.005>
- Montesillo Cedillo, J. L. (2016). Economía Informa. Rendimiento por hectárea del maíz grano, 60.
- plantas.cc. (s.f.). Obtenido de El durazno: historia, producción y comercialización: <https://www.plantas.ec/data/origendistribuciondurazno.html>
- Prieto Méndez Judith, G. R. (2009). PLANT CONTAMINATION AND PHYTOTOXICITY DUE TO HEAVY METALS FROM SOIL AND WATER. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 29-44.
- Puga, S., Sosa, M., Lebgue, T., Quintana, C., & Campos, A. (2006). CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN SUELO PROVOCADA POR LA . Ecología aplicada, 149-155.
- Ramos Bello, R., Cajuste, L. J., Flores Román, D., & García Calderón, N. E. (2001). Metales pesados, sales y sodio en los suelos de Chinampa en México. Agrociencia, 385-395.
- Revilla, D. C. (2009). CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS. (K. P. Ledezma, Entrevistador)
- Robles Urgilez, M. (2024). Seguridad alimentaria: Riesgo asociados Metales Pesados sobre la salud humana. Journal of American Health.

- Robles Urgilez, M. (2024). Seguridad alimentaria: Riesgo asociados Metales pesados sobre la salud humana . Journal of American Health.
- Rodriguez, L. T. (enero de 2022). ¿QUÉ SON LOS PRODUCTOS QUÍMICOS Y CÓMO SE CLASIFICAN? Obtenido de <http://cocinandolento.com/sous-vidé/que-son-los-productos-quimicos-y-como-se-clasifican/>
- Romero, F. B. (s.f.). Ministerio de la agricultura. Acumulación de pesticidas, 16.
- RosaAcosta. (2009). Cultivos Tropicales. El cultivo del maíz, SU origen y clasificación. EL MAIZ en Cuba, 10.
- Sanchez2, M. S.-B.-A. (2020). Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonía peruana. Scientia Agropecuaria.
- Scialabba, N., & Hattam, C. (2003). Agricultura organica, ambiente y seguridad alimentaria. Departamento de desarrollo sostenible.
- SIEBE, C. (1994). ACUMULACIÓN Y DISPONIBILIDAD DE METALES PESADOS EN SUELOS REGADOS CON AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO DE RIEGO 03, TULA, HIDALGO, MÉXICO. Revista internacional de contaminación ambiental.
- Soto-Benavente1, M. (2020). Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonía peruana. Scientia Agropecuaria, 11(1).
- Trujillo-González2, J. D.-P. (2015). Contenido de metales pesados en suelos agrícolas de la región del Ariari, Departamento del Meta. ORINOQUIA.
- Uwizeyimana, H., Wang, M., Chen, W., & Khan, K. (2017). The eco-toxic effects of pesticide and heavy metal mixtures towards earthworms in soil. Environ.Toxicol, 55, 20-20.

Wang, Y., Chen, C., Qian, Y., Zhao, X., & Wang, Q. (2015). Ternary toxicological interactions of insecticides, herbicides, and a heavy metal on the earthworm *Eisenia fetida*. *J. Hazard. Mater.*, 284, 233-240.

Yolanda Massieu Trigo, Jesús Lechuga Montenegro. (2002). Analisis economico . El maíz en México: biodiversidad y, 281-303.