



## Estudio de contaminación por metales pesados en cultivo de maíz amiláceo (*zea mays l.*) Irrigado con aguas residuales

Study of heavy metal contamination in starchy corn (*zea mays l.*) Crop irrigated with wastewater

Estudo da contaminação por metais pesados em cultura de milho amilhado (*zea mays l.*)  
Irigada com águas residuais

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil

o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i26.378>

Carlos Eusebio Cabrera Vígil<sup>1</sup>   
cvigil@undc.edu.pe

Guillermo Gomer Cotrina Cabello<sup>1</sup>   
gcotrina@undc.edu.pe

Jorge Luis Magallanes Magallanes<sup>2</sup>   
jorge.magallanes@unica.edu.pe

Isaac Nolberto Aliaga Barrera<sup>3</sup>   
menriqueztavera@gmail.com

Luís Felipe Bendezú Díaz<sup>2</sup>   
luis.bendezu@unica.edu.pe

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Cañete. Cañete, Perú

<sup>2</sup>Universidad nacional San Luis Gonzaga. Ica, Perú

<sup>3</sup>Universidad de Huánuco. Huánuco, Perú

Artículo recibido: 4 de marzo 2025 / Arbitrado: 21 de abril 2025 / Publicado: 1 de mayo 2025

### RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en el sector de Cachiche, en suelos de textura franco arenoso irrigado con aguas servidas provenientes de lagunas de oxidación de la ciudad de Ica. Se trabajó con maíz blanco amiláceo que fue sembrado en diciembre del 2021 y se cosecho en abril del 2022, bajo condiciones de verano con altas temperaturas y baja humedad relativa. Se hicieron las evaluaciones de producción de biomasa aérea y radicular durante el transcurso del cultivo con muestreos secuenciales durante cinco meses. Los resultados analíticos fueron obtenidos en el laboratorio de análisis de suelos, agua y planta de la Universidad Nacional Agraria la Molina, los elementos esenciales como Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, y metales pesados como el Cromo, Cadmio, Plomo. En las raíces, tallos, y hojas. Los resultados demuestran claramente que el cadmio es un elemento altamente contaminante y se encuentra en valores muy altos a nivel de raíces, tallos y hojas. El plomo y cromo se encuentran por debajo de valores permisibles y a nivel de granos los tres elementos están por debajo el cadmio no fue detectado. Sobre la concentración de nutrientes esenciales están por debajo de los niveles adecuados causados por la presencia de los elementos metálicos que reducen su absorción. Conclusiones, la absorción del cultivo de maíz fue mejor para el calcio a nivel de raíces, el potasio a nivel de los tallos, mientras que el nitrógeno fue más absorbido por las hojas.

**Palabras clave:** Contaminación; Maíz; Metales pesados; Nutrientes; Absorción

### ABSTRACT

The research work was conducted in the sector of Cachiche, in soils of sandy loam texture irrigated with wastewater from oxidation ponds of the city of Ica. We worked with starchy white corn that was planted in December 2021 and harvested in April 2022, under summer conditions with high temperatures and low relative humidity. Evaluations of aerial and root biomass production were made during the course of the crop with sequential sampling during five months. The analytical results were obtained in the soil, water and plant analysis laboratory of the Universidad Nacional Agraria la Molina, the essential elements such as Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Calcium, Magnesium, and heavy metals such as Chromium, Cadmium, Lead. In roots, stems, and leaves. The results clearly show that cadmium is a highly contaminating element and is found in very high values in roots, stems and leaves, lead and chromium are below permissible values and at the grain level the three elements are below the cadmium was not detected. The concentration of essential nutrients is below adequate levels due to the presence of metallic elements that reduce their absorption. Conclusions, the absorption of the corn crop was better for calcium at the root level, potassium at the stalk level, while nitrogen was more absorbed by the leaves.

**Key words:** Contamination; Corn; Heavy Metals; Nutrients; Absorption

### RESUMO

O trabalho de pesquisa foi realizado no setor de Cachiche, em solos de textura franco-arenosa irrigados com águas residuais de lagoas de oxidação na cidade de Ica. Trabalhamos com milho branco amiláceo que foi semeado em dezembro de 2021 e colhido em abril de 2022, sob condições de verão com altas temperaturas e baixa umidade relativa. As avaliações da produção de biomassa aérea e radicular foram feitas durante o curso da cultura com amostragem sequencial durante cinco meses. Os resultados analíticos foram obtidos no laboratório de análise de solo, água e plantas da Universidad Nacional Agraria la Molina, os elementos essenciais como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e metais pesados como cromo, cádmio e chumbo. Em raízes, caules e folhas. Os resultados mostram claramente que o cádmio é um elemento altamente contaminante e é encontrado em valores muito altos nas raízes, nos caules e nas folhas, enquanto o chumbo e o cromo estão abaixo dos valores permitidos e, no nível dos grãos, todos os três elementos estão abaixo dos valores permitidos e o cádmio não foi detectado. As concentrações de nutrientes essenciais estão abaixo dos níveis adequados devido à presença de elementos metálicos que reduzem sua absorção. Conclusões: a absorção da cultura do milho foi melhor para o cálcio no nível da raiz e para o potássio no nível do caule, enquanto o nitrogênio foi mais absorvido pelas folhas.

**Palavras-chave:** Contaminação, Milho, Metais pesados, Nutrientes, Absorção

## INTRODUCCIÓN

El maíz el cultivo de importancia de las civilizaciones Aztecas, Mayas e Inca. Cultivo que cumplía un papel muy importante puesto que predominaba en las creencias y ceremonias religiosas. El maíz (*Zea mays L.*) representa como el cultivo de más importancia para la seguridad alimentaria mundial, lo que ha significado que muchas instituciones estatales y privadas a nivel mundial sigan realizando estudios con el propósito de incrementar los niveles de rendimiento y producción de diferentes cultivares que sean resistentes al cambio climático y a la adaptación de los diferentes pisos ecológicos. El maíz se cultiva desde el nivel del mar hasta los 3900 metros de altitud y constituye uno de los cereales más importantes para la alimentación humana y de los animales, asimismo se realiza gran cantidad de preparaciones y/o productos derivados (harinas, aceites, etc.) (1). Cabe destacar que el maíz es altamente utilizado como alimento para el ganado. El maíz amiláceo es un alimento energético propio de nuestra región andina y de la costa peruana que contribuye a la seguridad alimentaria, a la economía local, regional y nacional (2).

La contaminación de los alimentos es un tema importante en la agenda de todos los países, tal es así que, en el mes de agosto del 2021, niveles máximos de cadmio y de plomo, para limitar la presencia de estos contaminantes cancerígenos en los alimentos (3). Estos metales son elementos

propios del hábitat, con alto peso molecular, muy conocidos y útiles, pero a su vez son dañinos porque afectan la salud y diversos órganos. Los metales pesados no se degradan (químicamente, ni biológicamente) y tienden a bioacumularse y a biomagnificarse, los metales considerados más tóxicos son el cadmio, cromo y el plomo, materia de estudio en la investigación doctoral.

El cadmio, puede estar presente en las frutas, verduras, cereales y semillas oleaginosas, depende de su concentración puede llegar a cambiar la alcalinidad del suelo. Además, contamina los ríos, lagos, la fauna y los cultivos. El plomo, en cantidades elevadas puede producir cambios en las plantas, degradan los suelos, disminuyendo su producción y si es excesiva la contaminación, puede producir la desertificación (4). Se define brevemente la problemática o problema de investigación, basado en los antecedentes del extracto que se va a publicar, se contextualiza, se colocan los principales objetivos del trabajo, luego se finaliza con la importancia y la justificación del mismo (5).

En el trabajo de investigación se ha evaluado la contaminación por los metales pesados en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) ubicado en el sector de San Pedro – caserío Cachiche en la zona media del valle de Ica, con énfasis en el cadmio, plomo y cromo, por la importancia que tiene este cultivo para la agricultura y por ser un producto de consumo humano y animal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de Investigación se tuvo en cuenta las siguientes técnicas de recolección de datos: Muestreo de suelos Los suelos fueron muestreados y extraídas las muestras en dos periodos, antes de la siembra del experimento de maíz en el mes de diciembre del 2021, y la segunda muestra fue hecha al finalizar la cosecha o término del experimento, las dos muestras fueron enviadas para su análisis físico – químico en el laboratorio de Análisis de Suelos – Aguas y plantas de la Facultad de Agronomía de la UNA la Molina en bolsas de plástico de 1 kilo cada uno con tarjetas de identificación. Muestreo de aguas servidas

Aguas que fueron usadas para el riego del cultivo de maíz, en el periodo de siembra a cosecha se tomaron las muestras de la acequia de riego en envases de vidrio previamente lavado y desinfectado, luego se taparon herméticamente y fueron enviadas al laboratorio BIOS LAB EIRL. La investigación fue de aplicación práctica, no

paramétrica, sin diseño experimental, pero tiene carácter exploratorio, el tipo de investigación Es una Investigación aplicada, con nivel de investigación Es del Nivel exploratorio y descriptivo, con diseño de investigación Diseño no experimental exploratorio y descriptivo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

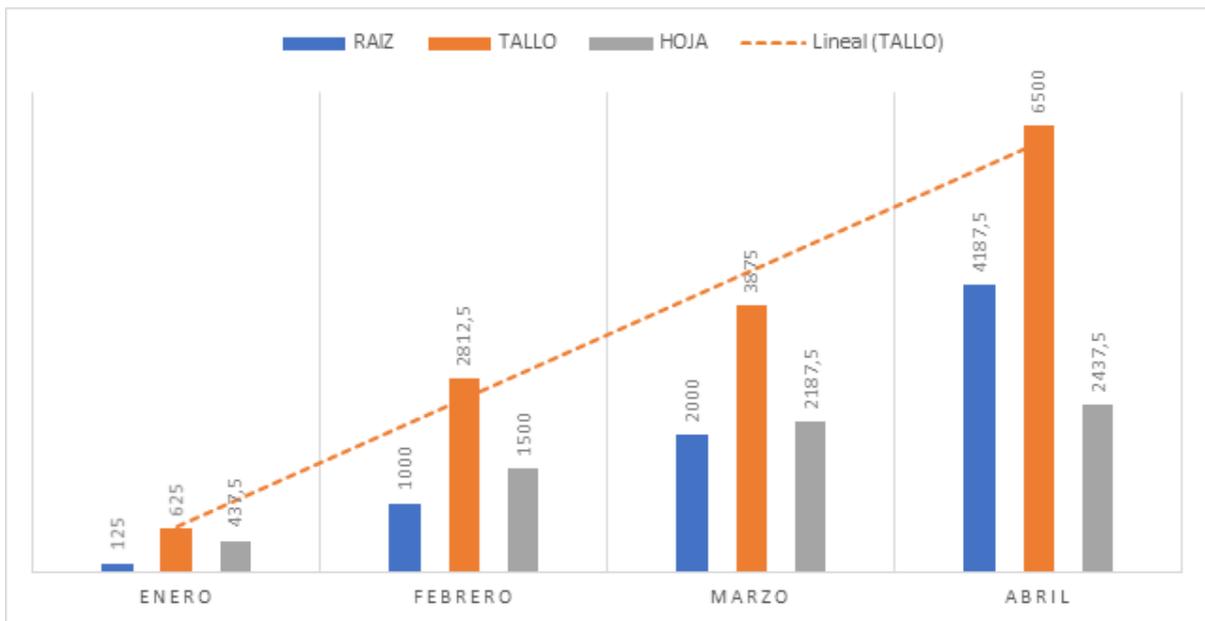
Los análisis realizados permitieron cuantificar la concentración de metales pesados en las distintas matrices evaluadas: suelo, agua de riego y tejido vegetal de maíz amiláceo (*Zea mays* L.). Se observó una variabilidad significativa en los niveles de elementos como plomo (Pb), cadmio (Cd) y arsénico (As), tanto en función del sitio de muestreo como del tipo de muestra. A continuación, se presentan los valores obtenidos, comparándolos con los límites máximos permisibles establecidos por normativas nacionales e internacionales, con el fin de evaluar el grado de riesgo potencial para la salud humana y la sostenibilidad agrícola.

**Tabla 1.** Producción de materia seca en gramos/planta y kg/ha de los tres órganos de plantas de maíz amiláceo Cachiche.

|              | Enero     | Febrero   | Marzo     | Abril      |
|--------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| <b>Raiz</b>  | <b>2</b>  | <b>16</b> | <b>32</b> | <b>67</b>  |
| <b>Tallo</b> | <b>10</b> | <b>45</b> | <b>62</b> | <b>104</b> |
| <b>Hoja</b>  | <b>7</b>  | <b>24</b> | <b>35</b> | <b>39</b>  |

Según indica en la Tabla 1. Indica el incremento gradual y progresivo de los pesos de las raíces las que van ascendiendo desde 2 gr, al mes de edad y fue muestreado en enero, pero rápidamente van

aumentando a 16 gr en febrero y sube en un 100% en marzo con 32 gr finalizando en abril con otro incremento del 100% en 67 gramos/planta.



**Figura 1.** Producción de materia seca (kg/ha) de raíz, tallo y hojas de maíz.

En la Figura 1, se exponen de manera clara, recopilada, lógica y coherente los resultados de acuerdo con su formulación en la sección de métodos, raíces van ascendiendo desde 2 gr, al mes de edad durante el mes enero, pero

rápidamente van aumentando a 16 gr en febrero y sube en un 100% en marzo con 32 gr finalizando en abril con otro incremento del 100% en 67 gramos/planta.

**Tabla 2.** Concentración de nutrientes y metales pesados sobre nitrógeno, fósforo y potasio en raíces del maíz.

|      |         | N (%) | P (%) | K (%) |
|------|---------|-------|-------|-------|
| Raíz | Enero   | 1.09  | 0.12  | 1.25  |
|      | Febrero | 0.64  | 0.12  | 0.97  |
|      | Marzo   | 0.81  | 0.11  | 0.85  |
|      | Abril   | 0.6   | 0.11  | 0.64  |

En la Tabla 2, indica La concentración de nutrientes y metales pesados expresan la presencia de los elementos esenciales dentro del tejido de las plantas de maíz y según su contenido

expresado en porcentaje dentro del tejido foliar (raíces, tallos y hojas), en función de su materia seca.



**Figura 1.** Concentración de NPK (%) en raíz de maíz.

En la Figura 2, muestra como los elementos mayores que son el NPK, todos tienen contenidos moderados al inicio del muestreo foliar que se realizó a los 30 días del sembrío del maíz, vemos como el nivel del nitrógeno es alto al inicio con 1.09% y a medida que la planta desarrolla en el campo los niveles van descendiendo en forma paulatina y decae hasta un 0.60% en último mes de abril cuando la planta va alcanzando su

madurez de cosecha de los granos o mazorca de maíz amiláceo blanco. Para el potasio tiene un comportamiento más lineal, pero en descenso de una concentración que va decayendo desde 1.25% en enero cae fuertemente en los meses subsiguientes hasta llegar a un contenido de 0.64% en abril, periodo final que coincide con la cosecha del campo de maíz.

**Tabla 3.** Concentración de metales pesados en tallos de maíz.

|       |         | Plomo (ppm) | Cobre (ppm) | Cadmio (ppm) |
|-------|---------|-------------|-------------|--------------|
| Tallo | Enero   | 2.93        | 0.48        | 2.15         |
|       | Febrero | 1.65        | 0.28        | 0.1.26       |
|       | Marzo   | 1.2         | 0.15        | 1.13         |
|       | Abril   | 1.48        | 0.2         | 0.8          |

En la Tabla 3, indica los elementos pesados como el plomo y el cromo tuvieron valores bajos a moderados sin llegar a afectar al cultivo toda vez que los valores encontrados son muy bajos y no llegan a acercarse a los umbrales permitidos para tejidos vegetales.

En cambio, el cadmio que es el más toxico de los tres tienen valores que sobrepasan al 0.10 ppm

que es el umbral de tolerancia para las plantas comestibles. El cadmio arranca con valores muy altos de 0.48 ppm en el mes de enero, luego decae en febrero con 0.28 ppm, siendo el mes de marzo el de menos concentración de apenas 0.15 ppm y finaliza en abril con 0.20 ppm, en todos los casos estos valores sobrepasan el 0.1 ppm que es el umbral permisible para este elemento toxico.

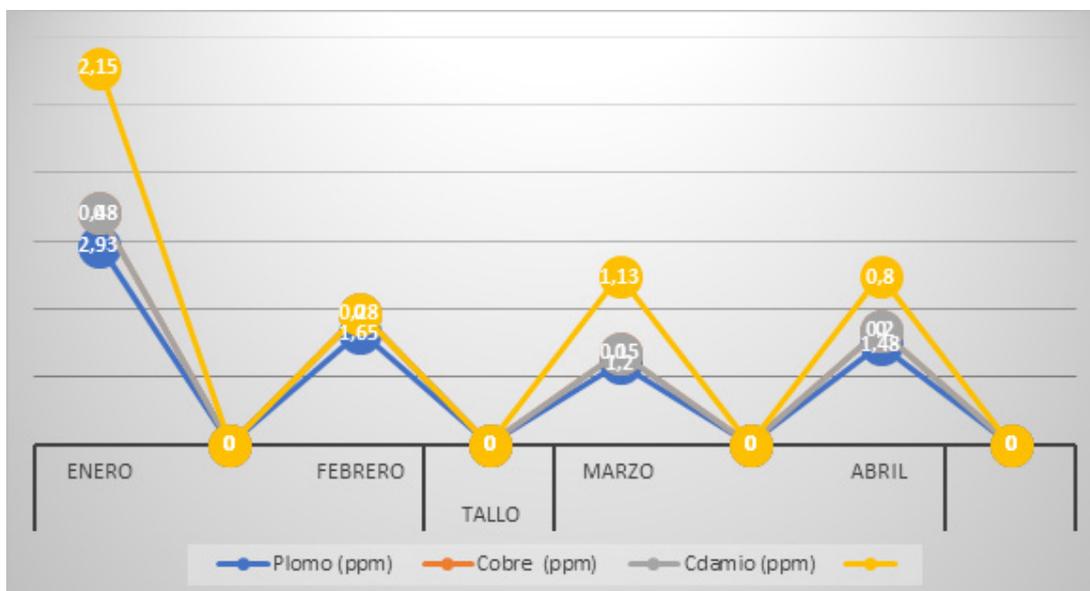


Figura 3. Concentración de plomo-cobre-cadmio en el tallo de maíz.

En la Figura 3, las plantas absorben metales pesados del suelo, pero en distinto grado, dependiendo de la especie vegetal algunas tienen cierta habilidad empleando estrategias diferentes como una eficiente exclusión del metal o restringiéndolo su transporte a la parte aérea por los tallos, en cambio la acumulación es más común de especies que aparecen siempre en suelos contaminados como es el caso del sector

de Cachiche San Pedro, lugar donde se realizó el presente estudio.

### Discusión

El estudio se desarrolló en el sector de San Pedro Caserío Cachiche, provincia y departamento de Ica, donde se indica los análisis químicos realizados en el laboratorio de análisis y suelos de la facultad de Agronomía de la Universidad

Agraria la Molina, se determinó el contenido de los tres metales pesados, plomo, cadmio y cromo, donde el Cadmio tiene un valor que sobre pasa los estándares de calidad ECA de 0.1 ppm, estos valores de 0.22 y 0.25 ppm, fueron obtenidos en los dos momentos de muestreo que fue antes y después de instalado el cultivo de maíz amiláceo (6).

La producción de materia seca en gramos por planta y luego a kg/ha, nos indican que aparte de la raíz y las hojas de maíz evaluados, los tallos del maíz que más produjeron materia seca, en el mes de abril se determinó un valor de 6,500 kg/ha, seguido por las raíces que produjeron 4187.5 kg/ha, las hojas tuvieron una producción más reducida de 2437.5 kg/ha. los metales pesados y su concentración en los órganos de la planta de maíz, a nivel de las raíces los contenidos son muy altos de 1.03 hasta 1.36 ppm, en cuatro meses que estuvo el cultivo en campo, presento valores altos de contaminación por cadmio en raíces, que son los órganos más expuestos al agua de riego que es el vehículo de contaminación para el cultivo (7).

La evaluación de los tallos de maíz amiláceo se reportan valores más bajos con 0.15 a 0.48 ppm de cadmio, encontrándose el índice alto al inicio del cultivo durante el mes de enero luego descendió en un 50% pasando los rangos de 0.1 ppm según el ECA (8). La absorción de elementos pesados en las raíces del cultivo de maíz amiláceo, diremos que a pesar del plomo y cromo tienen valores altos,

no llegan al umbral de tolerancia, en cambio el cadmio si es alta su absorción llegando a los 5.36 gramos en el mes final de abril (9). En los tallos del maíz amiláceo vemos que la absorción de los tres elementos metálicos pesados es más alta para el plomo y cromo, pero no perjudiciales, el cadmio tiene una evolución más lenta de acumularse de 0.3 gramos, durante el mes de enero ascendió al final a 1.30 gr/ha en el mes de abril (10).

La evaluación de metales pesados en hojas si vemos un incremento muy importante en la absorción del cadmio en los dos meses finales de marzo y abril donde se llegó a determinar contenidos de 1.22 gramos por hectárea en el follaje. Por todo lo expuesto podemos inferir que el órgano que más acumula cadmio y los otros metales pesados es la raíz del maíz con 5.36 gr/ha seguidos de los tallos con 1.30 gr/ha y finalmente las hojas acumularon solo 1.22 gr/planta llegando a la conclusión que, una vez cosechado el grano de maíz, toda la broza del maíz deberá ser quemada y evitar su consumo como forraje para evitar la cadena trófica de los metales pesados (11).

## CONCLUSIONES

El trabajo de investigación tuvo contenidos de metales pesados a nivel de tallos infirieron en el tejido, el plomo acumulo al igual que el cromo, sin llegar a tolerancia que causen daño o contaminación de los tejidos, el cadmio si supera los valores de 0.1 ppm en los tallos al inicio de

germinación y emergencia del maíz en el mes de enero después descendió, encontrándose el valor de toxicidad.

Los metales pesados en hojas de maíz tenemos los valores de plomo y cromo son aceptables porque están por debajo de los niveles de tolerancia, en cambio el cadmio, es el elemento contaminante por excelencia y sus valores duplican y quintuplican los valores permisibles que es de 0.1 ppm en tejidos vegetales.

Al analizar los metales pesados en las plantas de maíz determinaron que las raíces son los órganos que concentran y absorben plomo y cromo en mayor concentración, el más bajo es el cadmio, pero aun así es el más nocivo, le siguen en absorción los tallos, en cambio las hojas tienen los valores más bajos de la planta. los metales pesados para granos del maíz amiláceo y los resultados mostraron contenidos de 0.66 ppm de plomo y 0.63 – 1.13 ppm de cromo en dos muestras enviadas. En cuanto al cadmio no reportaron resultados de concentración de este elemento sumamente toxico.

Los niveles de concentración de los elementos mayores de NPK a nivel de raíz diremos que son pobres o deficientes por lo que la fertilización química, ha sido una limitante muy fuerte para

el pobre desarrollo del cultivo en general. los contenidos de calcio y magnesio que están por debajo de los requeridos por el cultivo y para metales pesados diremos que tanto el plomo y cromo están por debajo de los umbrales de tolerancia, en cambio el cadmio sobrepasa de lejos estos niveles que son de 0.1 ppm para tejidos vegetales y acá todos son superiores a 1.03 ppm. Los contenidos de calcio y magnesio en los tallos son completamente pobres, es por ello que las plantas tuvieron un bajo desempeño en el proceso fotosintético, por la escasez del magnesio que no llega a los 0.20 % en los tallos del maíz.

Las hojas de maíz presentan valores más cercanos al óptimo de nitrógeno, fosforo y potasio, en especial los tres primeros meses de enero, febrero y marzo para el nitrógeno, en febrero para el fosforo, pero aun así está en valores deficientes.

Se determinó que el nitrógeno es el elemento que más concentran en los tejidos, seguidos del potasio y calcio respectivamente. Por otro lado, el magnesio presento un valor ligeramente superior al fosforo a nivel del follaje.

**CONFLICTO DE INTERESES.** Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cárdenas A. Presencia del cadmio en algunas parcelas de cacao orgánico de la Cooperativa Agraria Industrial Naranjillo – Tingo María – Perú”. Tesis, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María. 2011;8(22). <https://repositorio.unas.edu.pe/items/2a613228-0874-4b0b-9b27-da0f379f232a>
2. Shugulí O. Determinación de Metales Pesados pos-cosecha en dos hortalizas de consumo directo brócoli y cebolla blanca. Tesis, Universidad Central del Ecuador, Quito; 2018. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/e32f8b92-1bd3-45bc-be92-783346b0ea9e>
3. Yllanes A, Vélez-Azañero, Lozano S. Efectos Fito tóxicos del Plomo en Maíz Híbrido dekalb (Zea maysl.) en Suelo Arenoso y Limoso. Revista The Biologist. 2014; 12(2) 337-348. <https://revistas.unfv.edu.pe/rtb/article/view/374/312>.
4. Correndo A, García F. Concentración de nutrientes en planta como herramienta de diagnóstico; Cultivos extensivos. Institute-plant-nutrition. 2012;1(8):2012. [https://www.researchgate.net/publication/313856965\\_Concentracion\\_de\\_nutrientes\\_en\\_planta\\_como\\_herramienta\\_de\\_diagnostico](https://www.researchgate.net/publication/313856965_Concentracion_de_nutrientes_en_planta_como_herramienta_de_diagnostico)
5. Carrillo M. Variación en la absorción de macronutrientes en híbridos de maíz amarillo duro ACI – Avances en Ciencia e Ingeniería INIAP – Ecuador, Aci avances en ciencias e ingenierías. 2019; 1077 (22): 72-83. <https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1077>.
6. Peris M. Estudio de Metales Pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellón-España. Universidad de Valencia; Valencia;2006. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=7192>
7. Caso J. Determinación de Concentraciones de plomo en maíz (Zea mays) procedente de la cuenca del rio San Juan – Chincha. [Tesis] Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. 2020. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/14820>
8. Maquerhua Y, Valverde N. Evaluación del nivel de contaminación de los suelos en el distrito “El Mantaro” provincia De Jauja. Tesis, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. 2012;23(45):56-59. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/3703>
9. Almeyda V. Efecto de la Aplicación de Fertilizantes, Fosfatados en la Contaminación por el Cadmio de Suelos Agrícolas de la Zona Baja del Valle de Ica. [Tesis] Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica. 2019;8(5):56-57.
10. Lovera S. Estudio de la Concentración y Absorción de Macroelementos y Metales pesados en el cultivo de algodón irrigados con aguas servidas en el sector San Pedro Cachiche – Ica. [Tesis], Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Ica. 2019. <https://repositorio.unica.edu.pe/items/8366c2ab-fb3a-48cd-8a0a-fd8581c8496f>
11. Garcilazo J. Evaluación De La Contaminación Por Metales Pesados del Cultivo de Espárrago (Asparagus Officinalis). en campo de Agricultores en La Zona Baja del Valle de Ica Con Énfasis en el Cadmio en Turiones. [Tesis], Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica. 2021;115 (1):45. <https://repositorio.unica.edu.pe/items/65188264-c8e3-48cc-96a9-41a4c96a1eaf>