

NOMBRE DEL TRABAJO

**Manuscrito Grandez CorreaGonzales_C 1
.pdf**

RECuento DE PALABRAS

5365 Words

RECuento DE CARACTERES

28138 Characters

RECuento DE PÁGINAS

15 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

208.1KB

FECHA DE ENTREGA

Oct 22, 2024 4:22 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 22, 2024 4:22 PM GMT-5

● 19% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Base de datos de publicaciones
- Base de datos de trabajos entregados
- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

Confinamiento de cadmio en suelos contaminados usando enmienda orgánica a base de residuos de pescado

Confinement of cadmium in contaminated soils using organic amendment based on fish waste

Jhaydee Estheisy Correa Moza¹; Diana Lucía, Grández Paredes²; Andrés Erick, Gonzales López³

Resumen

[Introducción]: El cadmio como metal pesado demuestra una alta movilidad y se identifica por no ser degradable en el ambiente, es por ello que una vez liberado se mantendrá circulando, este metal se reconoce por su toxicidad significativa en los procesos fisiológicos de las plantas **[Objetivo]:** Se buscó evaluar la eficiencia del confinamiento de las enmiendas orgánicas a base de residuo de pescado en suelos contaminados por cadmio, **[Metodología]:** El proyecto se realizó, con un diseño completamente al azar, se evaluaron 5 tratamientos con 3 repeticiones, utilizando *Brachiaria brizantha* como cultivo indicador. Al término del experimento, se realizó los análisis de suelos y foliar.

[Resultado]: Los resultados demuestran que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, se observó una tendencia, a medida que se incrementan las concentraciones de enmienda orgánica, mayor es el confinamiento de cadmio en el suelo T2=9.46 mg/kg; T3=11.28 mg/kg; T4:16.24 mg/kg y menor la absorción por las plantas T1: 19.78 mg/kg, T2: 12.74 mg/kg, T3: 12.19 mg/kg, T4: 16.02 mg/kg

[Conclusiones]: Se concluye que al evaluar la eficiencia del confinamiento de los tratamientos con enmienda orgánica en suelos contaminados por cadmio bajo condiciones de selva estadísticamente no fue significativo, pero se identificó una tendencia hacia un mayor confinamiento de cadmio en los suelos enmendados y una reducción de la absorción de cadmio por parte de la *Brachiaria brizantha*.

La aplicación de enmienda orgánica a base de residuos de pescado resultó significativo en el desarrollo de tallos y raíces, así como el peso de materia seca de las plantas.

Palabras clave: *Brachiaria brizantha*; cadmio; confinamiento; enmienda orgánica; residuos de pescado.

¹ Bachiller en Ingeniería Ambiental, Universidad Peruana Unión. Perú. jhaydeecorrea@upeu.edu.pe; <https://orcid.org/0000-0002-4611-624X>

² Bachiller en Ingeniería Ambiental, Universidad Peruana Unión. Perú. dianagrandez@upeu.edu.pe; <https://orcid.org/0000-0002-5446-0745>

³ Magister Scientiae Ingeniero, Universidad Peruana Unión. Perú. andres.gonzales@upeu.edu.pe; <https://orcid.org/0000-0002-4744-9927>

Abstract:

[Introduction]: Cadmium as a heavy metal shows high mobility and is identified for not being degradable in the environment, that is why once released it will remain circulating, this metal is recognized for its significant toxicity in the physiological processes of plants **[Objective]:** The aim was to evaluate the efficiency of the confinement of organic amendments based on fish waste in soils contaminated by cadmium, **[Methodology]:** The project was carried out with a completely randomized design, 5 treatments were evaluated with 3 repetitions, using *Brachiaria brizantha* as an indicator culture. At the end of the experiment, soil and leaf part analyses were performed. **[Result]:** The results show that there is no significant difference between the treatments, however, a trend was observed, as the concentrations of organic amendment increase, the cadmium confinement in the soil is greater T2=9.46 mg/kg; T3=11.28 mg/kg; T4: 16.24 mg/kg and lower absorption by plants T1: 19.78 mg/kg, T2: 12.74 mg/kg, T3: 12.19 mg/kg, T4: 16.02 mg/kg **[Conclusions]:** it is concluded that when evaluating the efficiency of the confinement of organic amendments in soil contaminated by cadmium under jungle conditions, it was not statistically significant, but a trend was identified towards a greater confinement of cadmium in the amended soils and a reduction in the absorption of cadmium by *Brachiaria brizantha*. The application of organic amendment based on fish waste was significant in the development of stems and roots, as well as the weight of dry matter in the plants.

Key words: *Brachiaria Brizantha*; cadmium; confinement; organic amendment; fish waste.

1. Introducción

Se considera que el suelo es de los recursos más trascendentes de la vida, sin embargo, presentan diversos metales pesados que son transportados por las diferentes actividades agrícolas e industriales, generando cambios en sus características físicas, químicas y biológicas; por consiguiente, en los últimos años genera de manera gradual preocupación su presencia y el riesgo de incorporación en la cadena alimentaria (Rashid et al, 2023).

El cadmio como metal pesado demuestra una alta movilidad y se identifica por no ser degradable en el ambiente, es por ello que una vez liberado se mantendrá circulando, este metal se reconoce por su toxicidad significativa en los procesos fisiológicos de las plantas, provocando la disminución en su crecimiento hasta la muerte de la misma (Hernández et al., 2019).

Se han estudiado diversas técnicas para la remediación de suelos, las cuales se basan en la aplicación de mecanismos de contención, extracción/eliminación e inmovilización con el fin de atenuar los efectos de la contaminación, empleando una variedad de métodos que abarcan procesos físicos, químicos, biológicos, eléctricos y térmicos (Liu et al., 2018).

Mientras tanto, los estudios realizados por (Martínez & Marrugo, 2021), sobre las enmiendas orgánicas indicaron que la utilización de las mismas desempeña un papel crucial con retención de metales pesados en superficies contaminadas, al tener alta Capacidad de Intercambio Catiónico los suelos tienen la capacidad de retener y liberar muchos nutrientes esenciales para las plantas lo que contribuye a una mayor fertilidad, promoviendo la reproducción vegetativa de cultivos agrícolas y el rendimiento, lo que las convierte en una opción para fomentar el desarrollo sostenible (Murillo et al. 2020). De forma habitual, las enmiendas optimizan métodos de infiltración, así como la capacidad de retención del agua (Lepsch et al., 2019) y fomentan la actividad microbiana, regulan el pH (Cesarano et al., 2017) siendo así un recurso transcendental de nutrientes para las plantas y el suelo.

Considerando la problemática y los estudios que indican la peligrosidad del cadmio en el medio ambiente (Lewis et al., 2018) se realizó el proyecto de investigación centrado en suelos, con el objetivo de evaluar la eficiencia de las enmiendas en suelo contaminados con cadmio, mediante el método de confinamiento el cual busca reducir la movilidad de contaminantes (Rosales Huamani et al, 2021)

En este contexto, se evaluó la utilización de enmienda orgánica elaborada a partir de residuos de pescado. Esta enmienda no solo ha demostrado un efecto positivo al mejorar la productividad del suelo, sino que también aumenta su materia orgánica y su actividad biológica (Poma & Quiñonez, 2022).

2. Metodología

2.1 Descripción del lugar de estudio

El proyecto se desarrolló entre septiembre de 2023 y enero de 2024, considerando los datos de temperatura proporcionados por la estación meteorológica de El Porvenir, ubicada en el distrito de Juan Guerra, San Martín. Durante el periodo de ejecución del proyecto, se registraron temperaturas mínimas de 21.2°C y máximas de 37.7°C en promedio. Las actividades se llevaron a cabo en las instalaciones de la Universidad Peruana Unión, Filial Tarapoto, mientras que los análisis

fisicoquímicos se realizaron en el laboratorio del Instituto de Cultivos Tropicales, Región San Martín.

2.2 Diseño experimental

El diseño experimental de tipo Completamente al Azar (DCA) que consistió en 4 tratamientos, 1 testigo y 3 repeticiones por tratamiento (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción del diseño experimental según tratamiento y dosis establecidos.

Table 1. Description of the experimental design and established dose

Tratamientos	Dosis
T0 (testigo)	Suelo contaminado con cadmio sin Brizanta
T1	Suelo contaminado con cadmio + Brizanta
T2	Suelo contaminado con cadmio + residuos de pescado (70 tn/ha) + Brizanta
T3	Suelo contaminado con cadmio + residuos de pescado (120 tn/ha) + Brizanta
T4	Suelo contaminado con cadmio + residuos de pescado (190 tn/ha) + Brizanta

2.3 Preparación de enmienda orgánica

En los puestos del terminal pesquero “El Diamante”, ubicado en la jurisdicción del distrito de Tarapoto, en la región San Martín se recolectó residuos de pescado como vísceras, cabezas y espinas que contenían un promedio del 70% de humedad. Los cuales fueron picados y expuestos al sol en planchas metálicas durante una semana para facilitar su secado. Posteriormente con una sola aplicación se homogenizó en el suelo a diferentes dosis. (Cuadro 1).

2.4 Preparación de solución de Cadmio

Se utilizó Nitrato de Cadmio Tetrahidratado ($\text{CdN}_2\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) – CAS: 10022-68-1, con el fin de alcanzar una concentración inicial de 34.66 mg/kg.

Seguidamente, se envió muestra de 1 kilogramo de suelo contaminado al laboratorio del Instituto de Cultivos Tropicales para determinar la concentración de cadmio inicial (método EPA 3050B), de esta forma comparar con los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo (D.S. 011 – 2017 – MINAM).

2.5 Proceso de siembra experimental

Las unidades experimentales contaban con una densidad de 4 plantas por metro cuadrado.

Al término del desarrollo de la planta, se procedió a realizar la extracción. De cada tratamiento trabajado se extrajo una muestra de suelo, teniendo en cuenta las especificaciones de la Guía de muestro de suelo Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, que consiste en la recolección de muestras en la superficie mediante sondeos manuales para obtener muestras compuestas de varios sondeos y obteniendo 1 kilogramo de muestra, analizadas en el laboratorio del Instituto de Cultivos Tropicales para adquirir la concentración final de cadmio.

2.6 Análisis de datos

Para los análisis estadísticos se empleó InfoStat versión 2020. Se llevó a cabo un análisis de varianza unidireccional (ANOVA), para destacar las diferencias significativas con un nivel de significancia de $p \leq 0,05$ y Tukey para comparar las medias.

3. Resultados

3.1 Cadmio en suelo

Según el análisis estadístico de concentración de cadmio en suelo se obtuvo un p-valor igual a 0.726 el cual es mayor a $\alpha=0.05$ (Apéndice 1), indica que no encuentra diferencia significativa entre los tratamientos. En los tratamientos T2, T3 y T4 (Figura 1) que incluyen enmienda orgánica, se observa una tendencia a aumentar el confinamiento de cadmio en el suelo a medida que se incrementan las concentraciones.

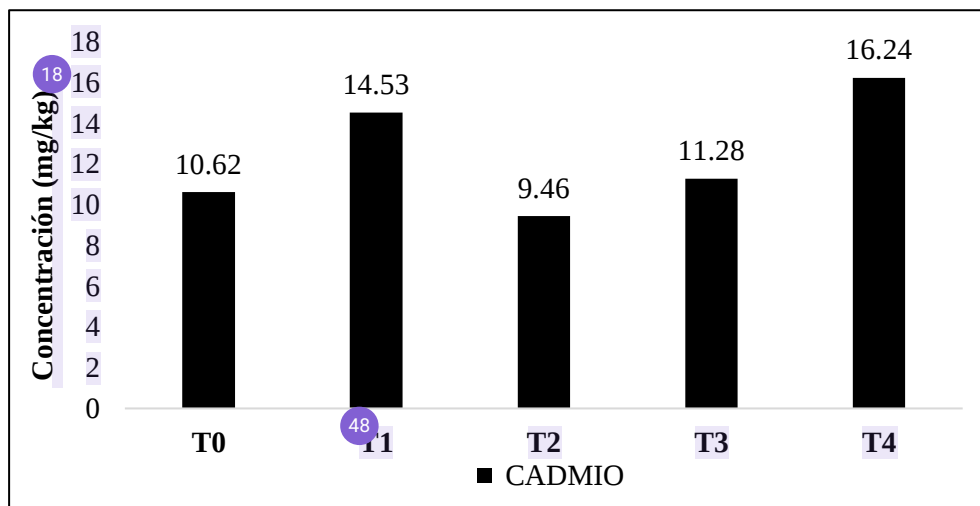


Figura 1. Concentración final promedio de cadmio en suelo (mg/kg)

Figure 1. Average final cadmium concentration in soil (mg/kg)

3.2 Concentración de cadmio en *Brachiaria Brizantha* (raíz, tallo, hoja)

Según el análisis estadístico se obtuvo un p-valor igual a 0.5431 el cual es superior a $\alpha=0.05$ (Apéndice 2), esto sugiere que no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos. Además, se nota que en los tratamientos donde se aplicó enmienda orgánica, la absorción de cadmio tiende a ser menor en comparación al testigo: T1: 19.78 mg/kg, T2: 12.74 mg/kg, T3: 12.19 mg/kg, T4: 16.02 mg/kg (Figura 2). Concentración de cadmio menor que en el t1

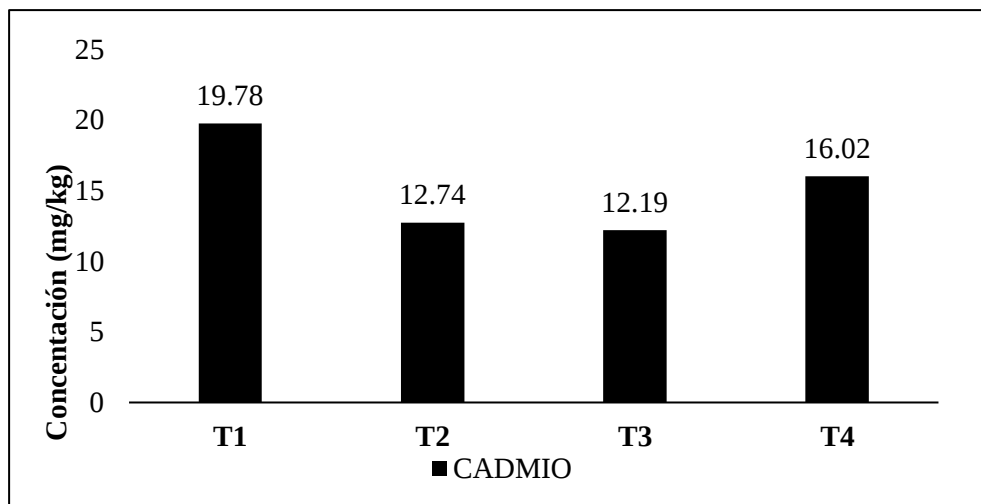


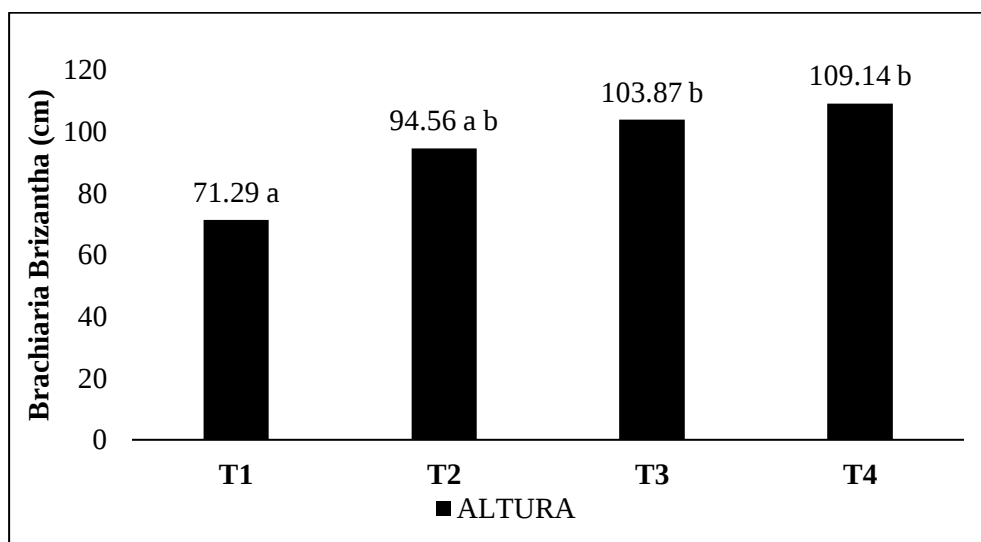
Figura 2. Concentración final cadmio en brachiaria brizantha (mg/kg)

Figure 2. Average final cadmium concentration in brachiaria brizantha (mg/kg)

3.3 Variables morfológicas

3.3.1 Altura de planta

partir del análisis estadístico se obtuvo un p-valor de 0.0065, el cual es menor que $\alpha=0.05$ (Apéndice 3). Esto sugiere que hay una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados. Se llevó a cabo una prueba de Tukey para conocer más detalles sobre estas diferencias, demostrando que los tratamientos T3 y T4 lograron un mayor desarrollo en altura de planta en comparación con los tratamientos T1 y T2. Los resultados de esta prueba revelaron que el aumento de la cantidad de enmienda orgánica influye en el incremento y desarrollo de las plantas, como se observa en los tratamientos T2, T3 y T4 (Figura 3).



Nota: Medias con una letra común no presenta diferencia significativa ($p > 0.05$)

Figura 3. Altura de Brachiaria Brizantha (cm)

Figure 3. Plant height description (cm)

3.3.2 Longitud de raíz

Según el análisis estadístico, el p-valor obtenido fue de 0.2326, lo que supera el nivel de significancia establecido de $\alpha=0.05$ (Apéndice 4). Esto sugiere que no hay diferencia significativa entre los tratamientos evaluados. Empero, se percibe una tendencia de los tratamientos T3 y T4 que involucran adición de enmienda orgánica al suelo (Figura 4); esta incorporación mejora la estructura de la superficie, lo que acrecienta en el suministro de nutrientes y la retención de humedad, promoviendo así el aumento del desarrollo radicular.

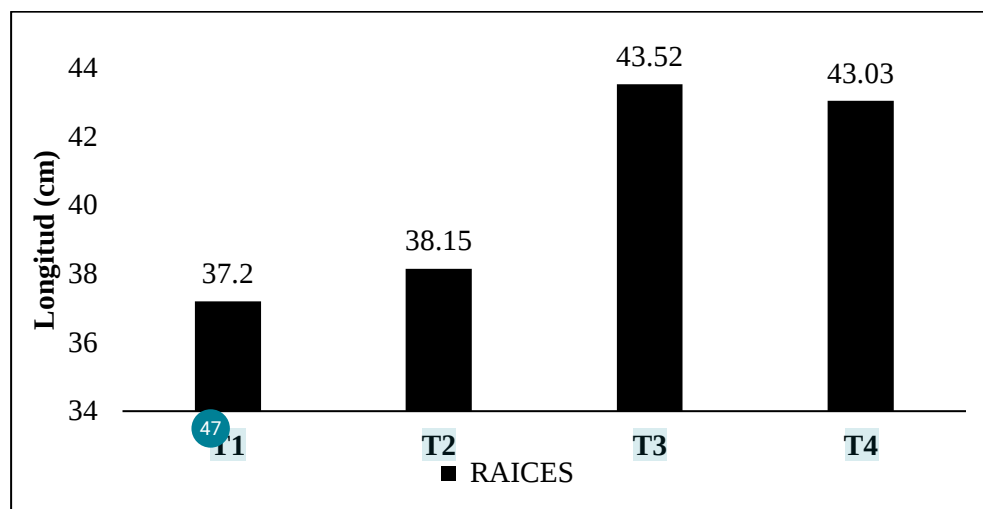


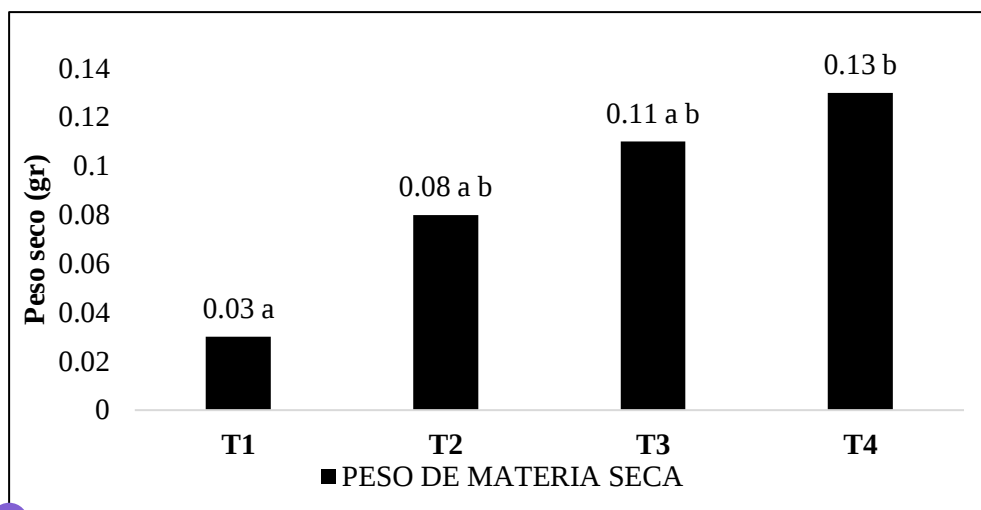
Figura 4. Descripción de longitud de raíces (cm)

Figure 4. Root length description (cm)

3.3.3 Peso seco

El análisis estadístico nos muestra un p-valor igual a 0.0188 que está por debajo del nivel de significancia $\alpha=0.05$ (Apéndice 5), sugiriendo así, que no se encuentra diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se efectuó una prueba de Tukey para identificar diferencias entre los mismos. Los resultados demuestran un desacuerdo significativo con los tratamientos T1 y T4. No obstante, no se hallaron diferencias significativas entre los tratamientos: T1, T2 y T3, así como entre los tratamientos T2, T3 y T4 (Figura 5).

Basándonos en los alcances conseguidos, se infiere una estrecha semejanza entre el de desarrollo de la planta y materia seca, las cuales se ven influenciadas por la Capacidad de Intercambio Catiónico para regular la asequibilidad de nutrientes en el suelo mediante incorporación de enmienda orgánica, demostrando una reducción de la concentración de las cantidades de absorción de cadmio en la planta.



Nota: Medias con una letra común no presenta diferencia significativa ($p > 0.05$)

Figura 5. Valores del peso seco de la parte aérea y radical de *brachiaria brizantha* (gr)

Figure 5. Values of the dry weight of the aerial part and root of *brachiaria brizantha* (gr)

3.4 Relación de las variables:

El análisis de correlación de Pearson señaló una tendencia negativa, con un coeficiente de -0.78 con p-valor = 0.4269 (**Apéndice 6**), lo que indica que a modo que incrementa la dosis de enmienda en el suelo, los niveles de cadmio en planta disminuyen (**Figura 6**)

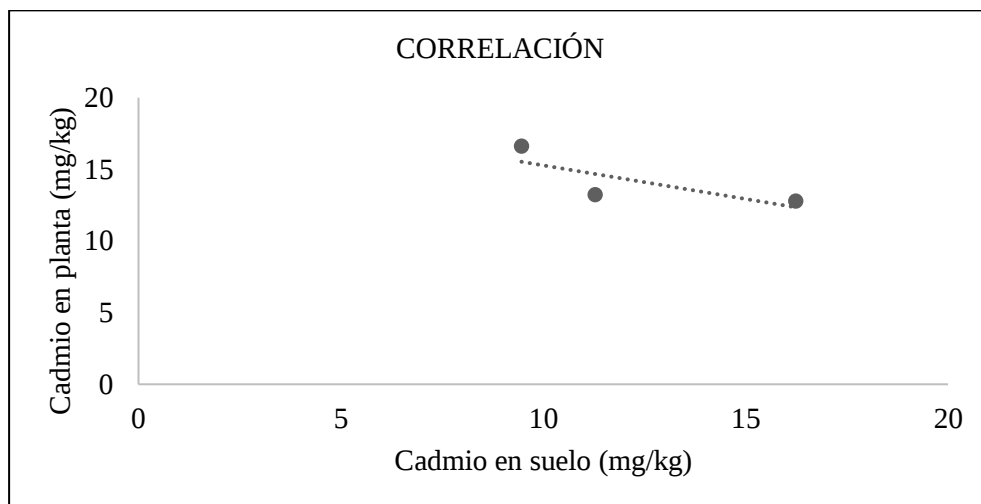


Figura 6. Correlación para promedios de concentración cadmio en suelo y cadmio en planta

Figure 6. Correlation for the average concentration cadmium in soil and cadmium in plant

El análisis de correlación de Pearson, el cual comparo la materia seca con el contenido de cadmio en suelo, reveló correlación positiva débil de las variables, con coeficiente de 0.12 y un p-valor de 0.881 (**Apéndice 7**), sin embargo, se consigue percibir que a modo que incrementa la concentración de cadmio en superficie, también se observa un incremento en la materia seca (**Figura 7**). Esta asociación sugiere que las plantas han absorbido menos cadmio, lo que ha favorecido su desarrollo.

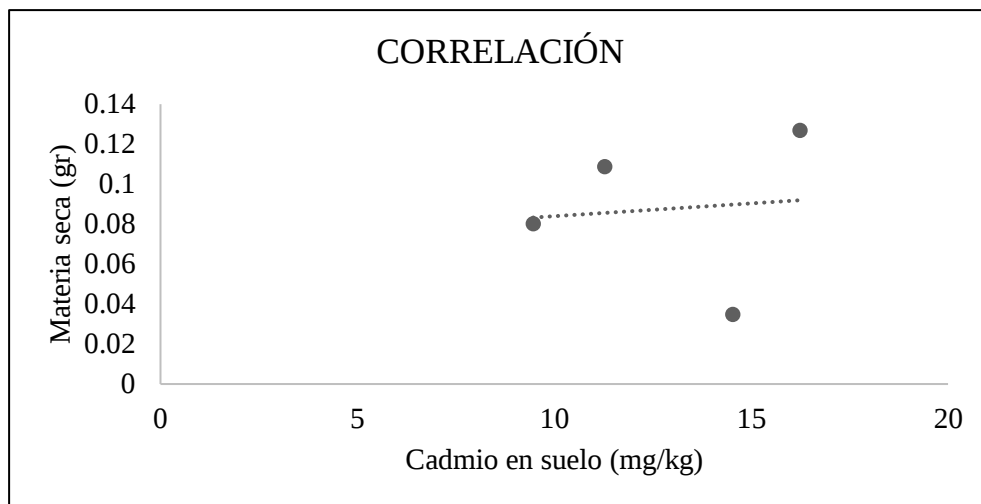


Figura 7. Correlación de promedios de cadmio en suelo y materia seca
Figure 7. Correlation of averages of cadmium in soil and dry matter

4. Discusión

Las enmiendas orgánicas ²² juegan un papel fundamental en la mejora de la calidad del suelo al aportar nutrientes esenciales y mejorar su estructura. Según (Janampa Leandro & Ruiz Parra, 2021), el uso ³¹ de vísceras de pescado como enmienda orgánica resulta en concentraciones ¹¹ significativas de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo. Estos nutrientes esenciales mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo, facilitando así la retención de cadmio y optimizando las condiciones para el crecimiento de las plantas.

Al investigar el impacto de la enmienda orgánica elaborado con residuo de pescado en suelos contaminados con cadmio, se encontró ⁵ que los tratamientos T2, T3 y T4, que incorporan enmienda orgánica, experimentaron un incremento en el confinamiento de cadmio en suelo a medida que aumentaron sus concentraciones como se distingue en la figura 1. Estos fines están respaldados por la investigación de Huaraca et al. (2020), que han demostrado la eficacia de las enmiendas orgánicas al disminuir su disolución del cadmio y su impregnación en plantas de suelos fuertemente contaminados. Estos resultados concuerdan con las conclusiones de Munive et al. (2018) quienes enfatizan la importancia de las renuencias del cadmio y otros ² elementos del suelo para reducir o acrecentar su disponibilidad y que esto depende de variables como pH, textura, capacidad de intercambio catiónico y materia orgánica.

En los tratamientos donde se aplicó enmienda orgánica, se constata una tendencia a una menor absorción de cadmio por parte de la *Brachiaria Brizantha* (figura 2). Coincidiendo lo que menciona Shaari et al. (2021), el pH ²¹ aumenta limitando la absorción de cadmio por plantas, estableciendo así una estrecha relación. De hecho, el pH del suelo es un factor que regula la absorción de cadmio. Además, según Yu et al. (2017), las enmiendas orgánicas abarcan ⁴⁵ compuestos húmicos, estas consiguen reducir el movimiento y la bioaccesibilidad del Cadmio en el suelo inhibiendo su absorción por las plantas ⁸. Por otro lado, Oré (2022) sostiene que los distintos tipos de enmiendas orgánicas influyen con la disminución de cadmio en plantones de cacao con resultados positivos ⁸ en la disminución de este metal. De acuerdo con Liu et al. (2020) mencionan que inclusión de enmiendas orgánicas puede disminuir eficazmente la absorción de cadmio en el cultivo, por lo cual

se puede atribuir que la enmienda orgánica mejora las propiedades del suelo y la disminución de la biodisponibilidad de cadmio.

Por otro lado, en la figura 3, se aprecia que los tratamientos T2, T3 y T4, las plantas exhiben alturas significativamente a comparación con el tratamiento T1, demostrando un menor crecimiento. Esto puede relacionarse con las dosis de enmienda orgánica aplicadas, las cuales suministran nutrientes fundamentales para desarrollo favorable de las plantas con la capacidad de influir positivamente en su crecimiento, tal como fue señalado por Beltrán et al. (2016). Además, como destacan Murillo et al. (2020), la incorporación de enmiendas orgánicas al suelo mejora las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas, así como el aumento en la disponibilidad de macro y micronutrientes, que son cruciales en su desarrollo. Es relevante mencionar el aporte de nutrientes esenciales provenientes de los residuos de pescado como lo señalan Saldaña et al. (2018), los residuos de pescado son una fuente rica en nutrientes, que ayudan en el enriquecimiento de la calidad del suelo, promoviendo retención de la humedad, lo cual contribuye a un entorno propicio del crecimiento y desarrollo de las plantas.

La tendencia encontrada de los tratamientos T3 y T4 (figura 4) con respecto al desarrollo radicular que presento la *Brachiaria Brizantha* con un aproximado de 43 cm de longitud en las unidades experimentales puede estar relacionado con la adición de enmienda orgánica y su impacto en el suelo. En este contexto, Laich (2011) destaca que añadir abono orgánico al suelo trae consigo diversos efectos, como el aporte de nutrientes, la estimulación del crecimiento radicular. Por otro lado, Falcon (2017) observó que el cadmio y otros metales pesados, tienden a acumularse predominantemente en hojas y raíces. Coincidiendo con estas observaciones, la investigación de Munive et al. (2020) respalda que las enmiendas orgánicas pueden promover un mayor desarrollo radicular en cultivos como el girasol, información compartida por Suaña (2017) quien preciso que la mayor captación de cadmio ocurre a nivel radicular del girasol. Asimismo, Munive et al. (2018), mencionan que el maíz como cultivo muestra una alta capacidad de remoción de cadmio, sugiriendo así que este metal pesado tiende a acumularse principalmente en raíces y hojas de las plantas.

El tratamiento T4, mostro mejor valor significativo en comparación con el tratamiento T2 en cuanto a su materia seca. Según lo reportado por Gayosso et al. (2023) indican que la aplicación de enmiendas orgánicas resultó en una biomasa seca total significativamente mayor en comparación con el uso de fertilizantes químicos. Estos resultados coinciden con nuestros hallazgos, donde observamos niveles de materia seca más elevados en comparación con el control, debido a la incorporación de enmienda orgánicas.

Estas evidencias respaldan la importancia de la adición de enmienda orgánica para promover un crecimiento saludable y un desarrollo óptimo de las plantas. Como destacaron, Konrad et al. (2001) la disponibilidad de nutrientes esenciales que cumplen un papel primordial en el aumento y desarrollo de las plantas. Al enmendar el suelo con materia orgánica, se mejor la disponibilidad de nutrientes, lo que a su vez conduce a un aumento en el peso de la biomasa seca de las plantas.

Además, se comparte los hallazgos de Jiang et al. (2012), quienes destacan que las enmiendas orgánicas poseen una textura porosa, elevado pH, y mayor índice intercambio catiónico, grupo funcionales que incluyen oxígeno, y que contribuye en las propiedades fisicoquímicas del suelo y contribuyen a la inmovilidad de cadmio.

5. Conclusiones

Se concluye que al evaluar la eficiencia del confinamiento de las enmiendas orgánicas en suelo contaminados por cadmio bajo condiciones de selva estadísticamente no fue significativo, pero se identificó la tendencia hacia un incremento del confinamiento de cadmio en suelos enmendados con residuos de pescado. Estos hallazgos resaltan la importancia de las enmiendas orgánicas al optimizar las características fisicoquímicas y microbiológicas en suelo, así como una fuente valiosa de nutrientes a los residuos de pescado.

La incorporación de enmienda orgánica a base de residuos de pescado en los tratamientos reveló una tendencia hacia la disminución de la absorción de cadmio por parte de la *Brachiaria brizantha*. Es importante destacar que las concentraciones de cadmio en las plantas fueron menores a comparación con el testigo donde no se aplicó enmienda orgánica. Este resultado resalta el potencial de las enmiendas orgánicas a base de residuos de pescado para mitigar la absorción de cadmio por la especie de *Brachiaria brizantha*, lo que puede contribuir a la optimización de la calidad del suelo y la protección ambiental.

La aplicación con enmienda orgánica a partir de residuos de pescado resultó significativo en el desarrollo de tallos y raíces, así como el peso de materia seca de plantas, infiriendo así que la enmienda orgánica limita la captación de cadmio en la planta y mejora su morfología.

6. Agradecimiento

Los autores expresan su agradecimiento a la Revista de Ciencias Ambientales y a las personas revisoras anónimas por su contribución al escrito.

7. Ética y conflicto de Intereses

Las personas autoras declaran que han cumplido totalmente con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la producción del manuscrito; que no hay conflicto de intereses de ningún tipo; que todas las fuentes financieras se mencionan completa y claramente en la sección de agradecimientos; y que están totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo.

8. Referencias

- Beltrán, F., García, J., Ruiz, F., Valdez, R., Preciado, P., Hernández, M., & Gonzáles, A. (2016). Efecto de sustratos orgánicos en el crecimiento de seis variedades de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). *Ecosistemas y Recursos agropecuarios*, 3(7), 143-149. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282016000100015
- Cesarano, G., De Filippis, F., La Stora, A., Scala, F., & Bonanomi, G. (2017). Organic amendment type and application frequency affect crop yields, soil fertility and microbiome composition. *Applied Soil Ecology*, 120, 254-264. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.08.017>
- Falcon, J. (2017). *Repositorio Universidad Nacional del Centro del Perú*. Obtenido de repositorio.uncp.edu.pe: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4611>
- Gayosso, S., Sánchez, R., Estrada, M., & Lázaro, A. (2023). Enmiendas orgánicas en el crecimiento de *Stevia rebaudiana* en Tabasco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(3). doi:<https://doi.org/10.29312/remexca.v14i3.3135>

- Hernández Baranda, Y., Rodríguez Hernández, P., Peña Icart, M., Meriño Hernández, Y., & Cartaya Rubio, O. (2019). Toxicidad del Cadmio en las plantas y estrategias para disminuir sus efectos. Estudio de caso: El tomate. *Cultivos Tropicales*, 40(3). Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v40n3/1819-4087-ctr-40-03-e10.pdf>
- Huaraca, J., Perez, L., Bustinza, L. y., & Pampa, N. (2020). Enmiendas orgánicas en la inmovilización de cadmio en suelos agrícolas contaminados: una revisión. *Scielo*, 31(4), 139-152. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000400139>
- Janampa Leandro, L. M., & Ruiz Parra, J. D. (2021). Efecto del abono foliar de vísceras de pescado en el rendimiento. Lima.
- Jiang, J., Xu, R.-k., Jiang, T.-y., & Li, Z. (august de 2012). Immobilization of Cu(II), Pb(II) and Cd(II) by the addition of rice straw derived biochar to a simulated polluted Ultisol. *Journal of Hazardous Materials*(229-230), 145-150. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.05.086>
- Konrad, M., Kirkby, E., Kosegarten, H., & Appel, T. (2001). *Principles of Plant Nutrition* (5th ed.). Springer.
- Laich, F. (2011). *Instituto Canario de Investigación Agrarias*. Obtenido de [icia.es:https://www.icia.es/biomusa/pt/jornadas-y-actividades-pt/jornada-tecnica-sobre-calidad-y-fertilidad-del-suelo-pt/65-el-papel-de-los-microorganismos-en-el-proceso-de-compostaje/file](https://www.icia.es:https://www.icia.es/biomusa/pt/jornadas-y-actividades-pt/jornada-tecnica-sobre-calidad-y-fertilidad-del-suelo-pt/65-el-papel-de-los-microorganismos-en-el-proceso-de-compostaje/file)
- Lepsch, H., Brown, P., Peterson, C., Gaudin, A., & Khalsa, S. (2019). Impact of organic matter amendments on soil and tree water status in a California orchard. *Agricultural Water Management*, 222, 204-212. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.06.002>
- Lewis, C., Lennon, A., Eudoxie, G., & Umaharan, P. (2018). Genetic variation in bioaccumulation and partitioning of cadmium in Theobroma cacao L. *Science of The Total Environment*, 640-641, 696-703. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.365>
- Liu, L., Li, W., Song, W., & Guo, M. (2018). Remediation techniques for heavy metal-contaminated soils: Principles and applicability. *Science of The Total Environment*, 633, 206-219. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.161>
- Liu, N., Jiang, Z., Li, X., Liu, H., Li, N., & Wei, S. (2020). Mitigation of rice cadmium (Cd) accumulation by joint application of organic amendments and selenium (Se) in high-Cd-contaminated soils. *Chemosphere*, 241. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125106>
- Martínez, D., & Marrugo, J. (2021). Efecto de la adición de enmiendas en la inmovilización de metales pesados en suelos mineros del sur de Bolívar, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(2).
- Munive, R., Gamarra, G., Munive, Y., Puertas, F., Valdiviezo, L., Cabellos, & Rita. (2020). Absorción de plomo y cadmio por girasol de un suelo contaminado y remediado con enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost. *Scientia Agropecuaria*, 11(2), 177-186. Obtenido de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/2918/3083>
- Munive, R., Loli, O., Azabache, A., & Gamarra, G. (2018). Fitorremediación con Maíz (Zea mays L.) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 551-560. doi:<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.11>
- Murillo, S., Mendoza, A., & Fadul, C. (2020). La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *Revista Colombiana de Investigación Agroindustriales*, 7(1), 58-68. doi:<https://doi.org/10.23850/24220582.2503>
- N. E. M. Shaari, M. T. F. M. Tajudin, M. M. Khandaker, A. Majrashi, M. M. Alenazi, U. A. Abdullahi, & K. S. Mohd. (2021). Cadmium toxicity symptoms and uptake mechanism in plants:. *Brazilian Journal Of Biology*.
- Oré, K. (2022). *Repositorio de la Universidad Nacional Agraria de la Selva*. Recuperado el 4 de 04 de 2024, de https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2400/TS_KROO_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Poma, A., & Quiñonez, C. (20 de abril de 2022). *Repositorio Univerisidad Continental*. Recuperado el 8 de abril de 2024, de [repositorio.continental.edu.pe:https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11108](https://repositorio.continental.edu.pe:repositorio.continental.edu.pe:https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11108)

- Rashid, A., J. Schutte, B., Ulery, A., K. Deyholos, M., Sanogo, S., A. Lehnhoff, E., & Beck, L. (2023). Heavy Metal Contamination in Agricultural Soil: Environmental Pollutants Affecting Crop Health. *Agronomy*.
- Rehman, M. Z., Zafar, M., Waris, A. A., Rizwan, M., Ali, S., Sabir, M., . . . Ayub, M. A. (2020). Residual effects of frequently available organic amendments on cadmium bioavailability and accumulation in wheat. *Chemosphere*, 244(125548). doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125548>.
- Rosales Huamani, J., Centeno Rojas, L., Cajacuri Perez, J., & Luis Breña, J. (2021). Identificación de Cadmio y Plomo en los cultivos de cacao ubicados en la zona de Satipo - Junín. *Tecnia*.
- Saldaña, Y., Vega, T., & Vigo, G. (2018). *Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo*. Recuperado el 29 de 03 de 2024, de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/32029/salda%c3%b1a_vy.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sánchez, G. (junio de 2016). *Universidad Complutense Madrid*. Recuperado el 04 de abril de 2024, de Docta Complutense: <https://hdl.handle.net/20.500.14352/66572>
- Shaari, N., Tajudin, M., Khandaker, M., Majrashi, A., Alenazi, M. M., Abdullahi, U., & Mohd, K. (2021). Cadmium toxicity symptoms and uptake mechanism in plants: a review. *Brazilian Journal of Biology*, 84. doi:<https://doi.org/10.1590/1519-6984.252143>
- Shen, B., Wang, X., Zhang, Y., Zhang, M., Wang, K., & Ji, P. X. (2019). The optimum pH and Eh for simultaneously minimizing bioavailable cadmium and arsenic contents in soils under the organic fertilizer application. (X. Feng, Ed.) *Science of The Total Environment*(711). doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135229>.
- Silva, C. (2018). *Repositorio de la Universidad Nacional Agraria de la Selva*. Recuperado el 2023, de repositorio.unas.edu.pe: <https://hdl.handle.net/20.500.14292/1461>
- Suaña, M. (26 de 07 de 2017). *Repositorio Institucional Universidad Nacional del Altiplano*. Obtenido de tesis.unap.edu.pe: http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/6779/Maria_Elena_Sua%c3%b1a_Quispe.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Yu, Y., Wan, Y., & Camara Aboubacar Younoussa & Li, H. (2017). Effects of the addition and aging of humic acid-based amendments on the solubility of Cd in soil solution and its accumulation in rice. (X. Cao, Ed.) *Chemosphere*, 196, 303-310. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.01.002>

9. Apéndices

Caracterización de suelo

Apéndice 1. Análisis estadístico de concentración de cadmio en suelo

Cuadro 2. Análisis de la Varianza

Table 2. Variance Analysis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	97.12	4	24.28	0.52	0.7259
Error	470.29	10	47.03		
Total	567.40	14			

Apéndice 2. Análisis estadístico de la concentración de cadmio en *Brachiaria Brizantha*

Cuadro 3. Análisis de la Varianza

Table 3. Variance Analysis

3 F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	110.39	3	36.80	0.77	0.5431
Error	383.03	8	47.88		
Total	493.41	11			

Apéndice 3. Análisis estadístico de altura de *Brachiaria Brizantha*

27 **Cuadro 4. Análisis de la Varianza**

Table 4. Variance Analysis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	2521.48	3	840.49	8.79	0.0065
Error	764.76	8	95.60		
Total	3286.24	11			

Apéndice 4. Análisis estadístico de longitud de raíces de *Brachiaria Brizantha*

Cuadro 5. Análisis de la Varianza

Table 5. Variance Analysis

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	95.89	3	31.96	1.76	0.2326
Error	145.42	8	31.96		
Total	241.31	11			

Apéndice 5. Análisis estadístico de peso seco de *Brachiaria Brizantha*

Cuadro 6. Análisis de la Varianza

Table 6. Variance Analysis

6 F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0.01	3	0.0049	6.05	0.0188
Error	0.01	8	0.0008		
Total	0.02	11			

Apéndice 6. Análisis de correlación de Pearson para cadmio en suelo y cadmio en planta

Cuadro 7. Correlación de Pearson

Table 7. Pearson correlation

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Cadmio en suelo	Cadmio en planta	3	-0.78	0.4269

Apéndice 7. Análisis de correlación de Pearson para cadmio en suelo y materia seca

Cuadro 8. *Correlación de Pearson*

Table 8. *Pearson correlation*

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Cadmio en suelo	Materia seca	4	0.12	0.881

● 19% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	scielo.sa.cr Internet	2%
2	hdl.handle.net Internet	2%
3	repositorio.ucss.edu.pe Internet	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Internet	<1%
5	editorapantanal.com.br Internet	<1%
6	repositorio.catie.ac.cr Internet	<1%
7	repositorio.unasam.edu.pe Internet	<1%
8	repositorio.unp.edu.pe Internet	<1%

9	faz.ujed.mx Internet	<1%
10	unu.edu.pe Internet	<1%
11	colposdigital.colpos.mx:8080 Internet	<1%
12	dialnet.unirioja.es Internet	<1%
13	researchgate.net Internet	<1%
14	revistas.una.ac.cr Internet	<1%
15	repositorio.unal.edu.co Internet	<1%
16	archive.org Internet	<1%
17	produccioncientificaluz.org Internet	<1%
18	ciencia.lasalle.edu.co Internet	<1%
19	bancomext.com Internet	<1%
20	sidalc.net Internet	<1%

21	dspace.espoch.edu.ec Internet	<1%
22	portalesmedicos.com Internet	<1%
23	repositorio.espam.edu.ec Internet	<1%
24	repositorio.uaaan.mx Internet	<1%
25	s3.amazonaws.com Internet	<1%
26	worldwidescience.org Internet	<1%
27	Salvador Peniche-Camps, Mauro Cortez-Huerta. "La costumbre al enve..." Crossref	<1%
28	documents1.worldbank.org Internet	<1%
29	repositorio.unc.edu.pe Internet	<1%
30	repositorio.unu.edu.pe Internet	<1%
31	repositoriodigital.uct.cl Internet	<1%
32	rsdjournal.org Internet	<1%

33	scholar.uprm.edu Internet	<1%
34	journals.sapienzaeditorial.com Internet	<1%
35	repositorio.puce.edu.ec Internet	<1%
36	repositorio.ucm.edu.co Internet	<1%
37	repositorio.uma.edu.pe Internet	<1%
38	dcf.ufla.br Internet	<1%
39	noticias-oax.com.mx Internet	<1%
40	scielo.cl Internet	<1%
41	"Ciências Agrárias: limites e potencialidades em pesquisa - Volume 3",... Crossref	<1%
42	Licet Molina G, Luis Giraldo V, Diana Polanco E, Lina Gutiérrez B. "Cellu..." Crossref	<1%
43	icrrd.com Internet	<1%
44	portal.amelica.org Internet	<1%

45	repositorio.unas.edu.pe Internet	<1%
46	repositorio.uncp.edu.pe Internet	<1%
47	repositorioinstitucional.buap.mx Internet	<1%
48	smcsmx.org Internet	<1%