

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Revisión de la concentración de metales pesados por uso de agroquímicos en agua de riego, suelo y cultivo de arroz

Por:

Eliana Fernández Guevara

Darwin Fernández Guevara

Asesor:

Mtra. Dayani Shirley Romero Vela

Tarapoto, agosto de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yo, Dayani Shirley Romero Vela de la Facultad de ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “Revisión de la concentración de metales pesados por uso de agroquímicos en agua de riego, suelo y cultivo de arroz” constituye la memoria que presentan los Estudiantes Fernández Guevara, Eliana y Fernández Guevara, Darwin; para aspirar al Grado de Bachiller en Ingeniería Ambiental cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Morales, a los 12 días del mes de agosto del año 2020.



Asesor

Mtra. Dayani Shirley Romero Vela

Revisión de la concentración de metales pesados por uso de agroquímicos en agua de riego, suelo y cultivo de arroz

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Ambiental

JURADO CALIFICADOR



Mtra. Betsabeth Teresa Padilla
Macedo
Presidente



Ing. Jhon Patrick Rios Bartra
Secretario



Ing. Kátterin Jina Luz Pinedo Gómez
Vocal



Mtra. Dayani Shirley Romero Vela Asesor
Asesor

Tarapoto, 12 de agosto de 2020

Resumen

En las últimas décadas, la contaminación por metales pesados presente en suelos y fuentes de aguas en cultivos de arroz, han causado una creciente preocupación debido a su toxicidad, características de persistencia y bioacumulación. El presente artículo de revisión busca analizar la concentración de metales pesados por uso de agroquímicos en agua de riego, suelo y cultivo de arroz mediante un estudio de revisión. La metodología aplicada se desarrolló a través de la recopilación de información en bases de datos como PMC de Europa, EBSCO, Springer Link, Science Direct, entre otros, con la finalidad de establecer fundamentos de conocimiento con temas relacionados a la concentración de metales pesados en los diferentes medios del cultivo de arroz. Se obtuvo como resultados la concentración de As en el cultivo de arroz en los tres medios: (10.4 mg. L⁻¹) en aguas de riego, (8.63; 10; 8.63; 7.49; 14.73 mg/kg) en suelos, (0,2; 0,42; 0,26 mg/kg) en granos de arroz. Asimismo, la concentración de Cd en el cultivo de arroz en los tres medios: (0.049, 2.58; 0.16; 2.58 ± 0.04; 0.16 mg. L⁻¹) en aguas de riego, (0.89; 0.6 ± 0.04; 8.5–9.3; 35.02; 2,59±0,31; 0.97 mg/kg) en suelos, (0.327; 0.859; 0,19±0,050; 0.180 mg/kg), en granos de arroz. Concluyendo que existe contaminación en los tres medios (agua, suelo y grano de arroz), que sobrepasan los estándares de las normativas en los dos metales pesados (As y Cd) las cuales se considera un riesgo ambiental y además de ello la seguridad alimentaria de los consumidores.

Palabras claves: Bioacumulación; metales pesados; concentración; medio biológico; agroquímico; seguridad alimentaria; riesgo ambiental.

Abstract

In the last decades, the contamination by heavy metals present in soils and water sources by rice crops, have caused increasing concern due to their toxicity, persistence characteristics and bioaccumulation. This review article seeks to analyze the concentration of heavy metals by the use of agrochemicals in irrigation water, soil and rice cultivation in a review study. The applied methodology was developed through the compilation of information through databases such as PMC in Europe, EBSCO, Springer Link, Science Direct, among others, in order to establish foundations of knowledge on topics related to the concentration of heavy metals in the different means of rice cultivation. The concentration of As in rice cultivation was obtained as results in the three media: (10.4 mg. L⁻¹) in irrigation waters, (8.63; 10; 8.63; 7.49; 14.73 mg / kg) in soils, (0, 2, 0.42, 0.26 mg / kg) in rice grains. Likewise, the concentration of Cd in rice cultivation in the three media: (0.049, 2.58; 0.16; 2.58 ± 0.04; 0.16 mg. L⁻¹) in irrigation waters, (0.89; 0.6 ± 0.04; 8.5–9.3; 35.02; 2.59 ± 0.31; 0.97 mg / kg) in soils, (0.327; 0.859; 0.19 ± 0.050; 0.180 mg / kg), in rice grains. Concluding that there is contamination in the three media (water, soil and rice grain), which exceed the standards of the regulations on the two heavy metals (As and Cd) which are considered an environmental risk and, in addition, the food security of the consumers.

Keywords: Bioaccumulation; heavy metals; concentration; biological medium; agrochemical; food security; environmental risk.

1. Introducción

La importancia que tiene el estudio de metales pesados en el cultivo de arroz, es la absorción de éstos por las plantas, lo cual es el primer paso a la entrada en la cadena trófica, donde puede biomagnificarse y repercutir en los seres vivos que lo consumen (Schencke, 2010). Asimismo, las principales fuentes de metales pesados como el arsénico (As), proceden del uso de plaguicidas utilizados para contrarrestar enfermedades en cultivos agrícolas (Adriano, 2001; Lepp, 1981).

En algunos países como, India, China, Pakistán, Australia, Nueva Zelanda, producen granos y hortalizas que se realiza mediante el uso intensivo de agroquímicos generando la contaminación por metales pesados en los suelos agrícolas (Bhatti et al., 2016; García et al., 2012; McLaughlin et al., 2000; Tariq & Rashid, 2013; Reddy et al., 2013; Reddy et al., 2014; Zhou et al., 2014).

En el país de Ecuador, miles de agricultores se dedican al cultivo de arroz las cuales emplean pesticidas para mantener la integridad de sus cultivos, por consecuencia del uso inadecuado de estos, genera la presencia de metales pesados (Estrella & Yopez, 2017).

En el Perú, El río Tumbes es una importante fuente de agua para riego, por lo tanto, los contaminantes descargados de la minería y otras actividades en el curso superior del río (Puyango en Ecuador), incluido As, representan un riesgo significativo para la salud de quienes consumen alimentos cultivados en estas tierras (Mondal et al., 2020).

En el departamento de San Martín existen cifras elevadas de consumo de fertilizantes en suelos de arroz bajo riego 53.600.000 kg (Lange, 2006).

La presencia de estos productos son una fuente principal de contaminación en suelos agrícolas, y su distribución o degradación está relacionado con las propiedades y características fisicoquímicas del suelo, lo cual son fuentes potenciales de metales pesados (Mahecha et al., 2015; Carvalho y Pivoto, 2011; Alves y Olivera, 2003).

2. Materiales y Métodos

1.1.1. Métodos

La elaboración del artículo consistió en la recopilación de bases de datos como: PMC de Europa, EBSCO, Springer Link, Science Direct, Pubme, Hindawi, repositorios, entre otros con la finalidad de establecer fundamentos de conocimiento con temas relacionados a la concentración de metales pesados por uso de agroquímicos en agua de riego, suelo y cultivo de arroz. Posteriormente, se hizo la revisión sistemática de los artículos considerando las palabras claves: Bioacumulación, metales pesados, concentración, medio biológico, agroquímico.

3. Resultados y Discusión

3.1. Resultados

3.1.1. Resultado de As

Cuadro 1. Concentración de Arsénico por uso de agroquímicos en agua de riego, suelo y cultivo de arroz

N°	Autores	Concentraciones de As (mg. L-1)			Normativas							
		Agua	Suelo	Grano	Agua		Suelo		Grano			
					ECA	TULSMA	ECA	TULSMA	LMP Europa	LMP Brasil	INEC	Codex Alimentarius
1	(Nuñez & Periche, 2019)	0.0001	3.30	0.186	0.01	0.1	50	5	0.2	1	0.1	0.2
2	(Estrella & Yepez, 2017)	0.012	8.63	0.168	0.01	0.1	50	5	0.2	1	0.1	0.2
3	(Otero et al., 2016)	0.01	10.00	0.125	0.01	0.1	50	5	0.2	1	0.1	0.2
4	(Atiaga, 2019)	-	7.49	0.186	0.01	0.1	50	5	0.2	1	0.1	0.2
5	(Bermejo & Cruz, 2006)	10.4	14.73	0.420	0.01	0.1	50	5	0.2	1	0.1	0.2
Promedio		2.61	8.83	0.22	0.01	0.10	50.00	5.00	0.20	1.00	0.10	0.20

Fuente: Adaptado por (Bermejo; Cruz, 2006; Estrella & Yepez, 2017; Mondal et al., 2020; Otero et al., 2016; Nuñez; Bristin; Periche, 2019).

3.1.1.1 Concentración de As en agua de riego

Los resultados obtenidos de la concentración de As en el agua son lo siguiente:

Según los investigadores (Estrella & Yepez, 2017) y (Bermejo & Cruz, 2006) supera los ECA con un valor de 0.012 pero no supera para las normativas TULSMA. En cuanto a las investigaciones de (Otero et al., 2016; Nuñez & Periche, 2019) no supera los ECA y TULSMA.

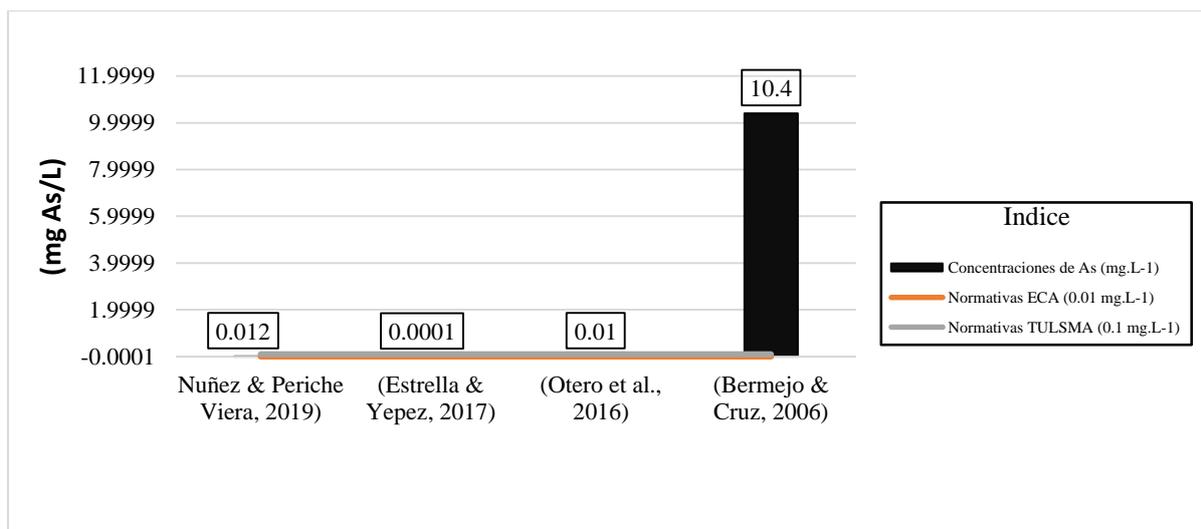


Figura 1: Concentración de As en el agua de riego

3.1.1.2. Concentración de As en suelo

Los resultados obtenidos de la concentración de As en el suelo son lo siguiente: Existe una alta concentración de As en las tesis (Atiaga, 2019; Otero et al., 2016; Nuñez & Periche, 2019) las cuales supera las normativas TULSMA con un valor de 8.63 mg.kg-1, 10 mg.kg-1, 8.63 mg.kg-1, 7.49 mg.kg-1, 14.73 mg.kg-1 la cual se puede decir que hay presencia de contaminación en el cultivo de arroz.

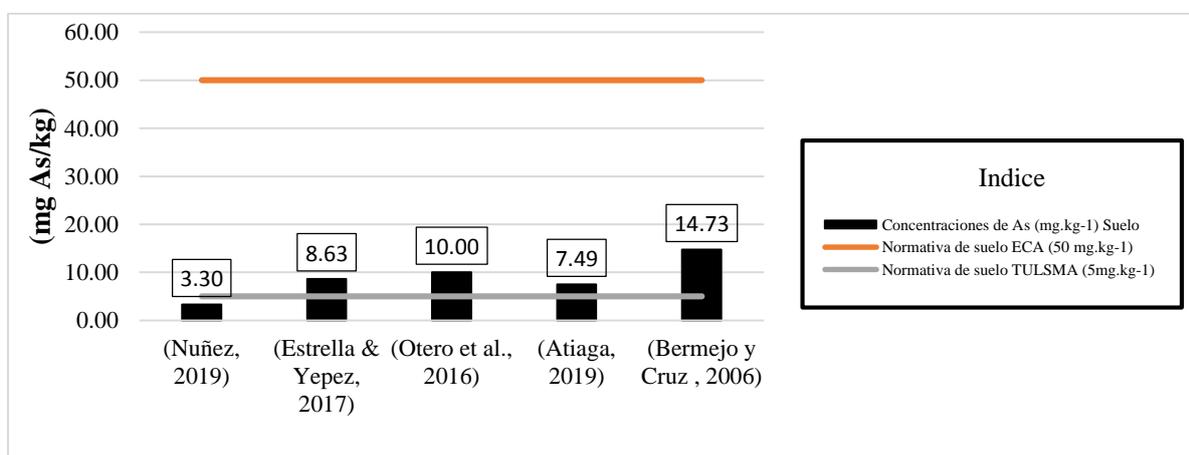


Figura 2: Concentración de As en suelo

3.1.1.3. Concentración de As en grano de arroz

Los resultados obtenidos de la concentración de As en el grano es el siguiente: La concentración de As en la tesis (Bermejo & Cruz C, 2006; Estrella & Yepez, 2017; Atiaga, 2019; Nuñez & Periche, 2019) en grano de arroz el valor máximo sobrepasa las normativas

de Europa (0,2 mg.kg-1), Codex Alimentario-2015(0.2 mg.kg-1), INEC con una concentración promedio de 0.217 mg.kg-1.

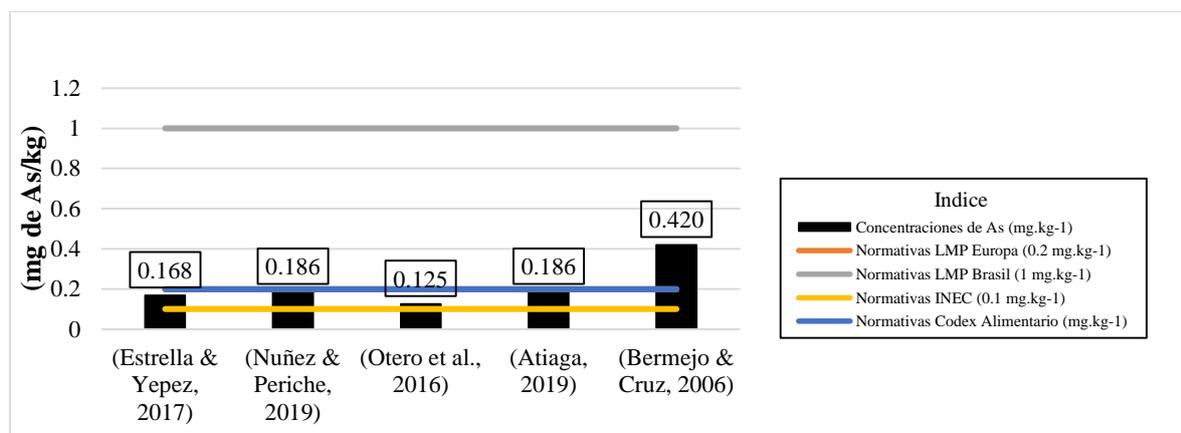


Figura 3: Concentración de As en grano de arroz

3.1.2. Resultado de Cd

Cuadro 2: Concentración de Cadmio por uso de agroquímicos en agua de riego, suelo y cultivo de arroz

N°	Autores	Concentraciones de Cadmio			Normativas								
		Agua	Suelo	Grano	Agua		Suelo			Grano			
					EC A	TULMA	India standards	Pakistan standards	EC A	TUL SMA	LMP Europa	LM P Brasil	Codex Alimentario
1	(Tineo & Periche, 2019)	0.049	0.89	0.327	0.005	0.05	3 a 6	0.03	50	5	0.23	1	0.4
2	(Satpathy & Dhal, 2014)	x	0.6 ± 0.04	0.05 ± 0.002	0.005	0.05	4 a 6	0.03	50	5	0.23	1	0.4
3	(Redd & Dhivya, 2013)	2.58 ± 0.04	8.5 - 9.3	x	0.005		5 a 6	0.03	50		0.23	1	0.4
4	(Tariq & Rashid, 2013)	x	35.02	0.859	0.005	0.05	6 a 6	0.03	50	5	0.23	1	0.4
5	(Muñoz, 2017)	x	2,59 ± 0,31	0,19 ± 0,050	0.005	0.05	7 a 6	0.03	50	5	0.23	1	0.4
6	(Bermejo & Cruz, 2006)	0.16	0.97	0.180	0.005	0.05			50	5	0.23	1	0.4

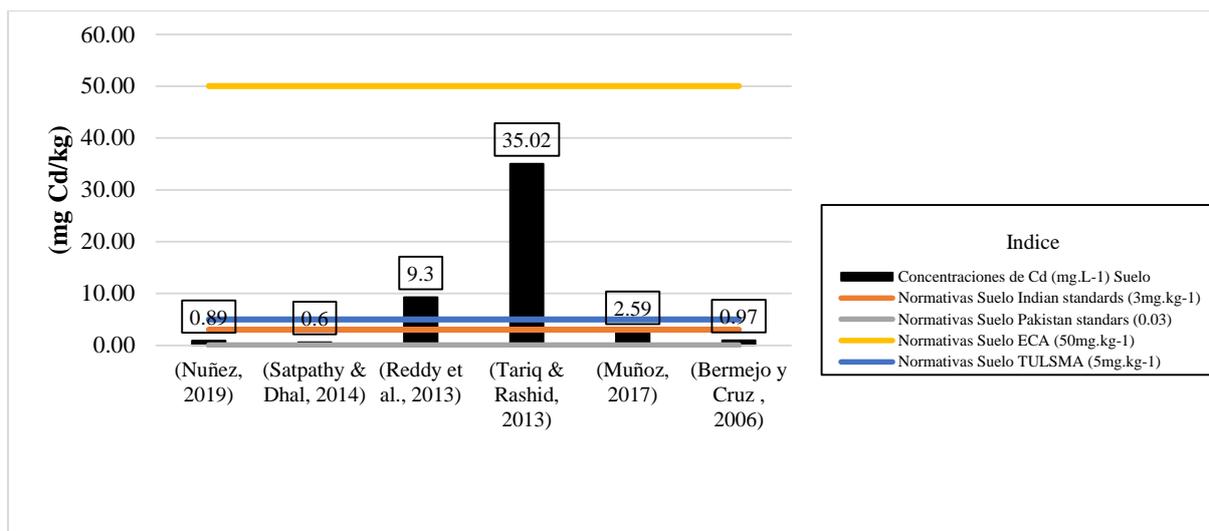


Figura 5 Concentración de Cd en el suelo

3.1.2.3. Concentración de Cd en grano de arroz

Los resultados obtenidos de la concentración de Cadmio en el grano de arroz son los siguientes: La concentración de Cd en la tesis (Bermejo & Cruz, 2006; Muñoz, 2017; Tariq & Rashid, 2013; Tineo & Periche, 2019) superan los estándares, para el caso de Brasil solo la investigación 1 supera los estándares de LPM Europa y Codex Alimentario.

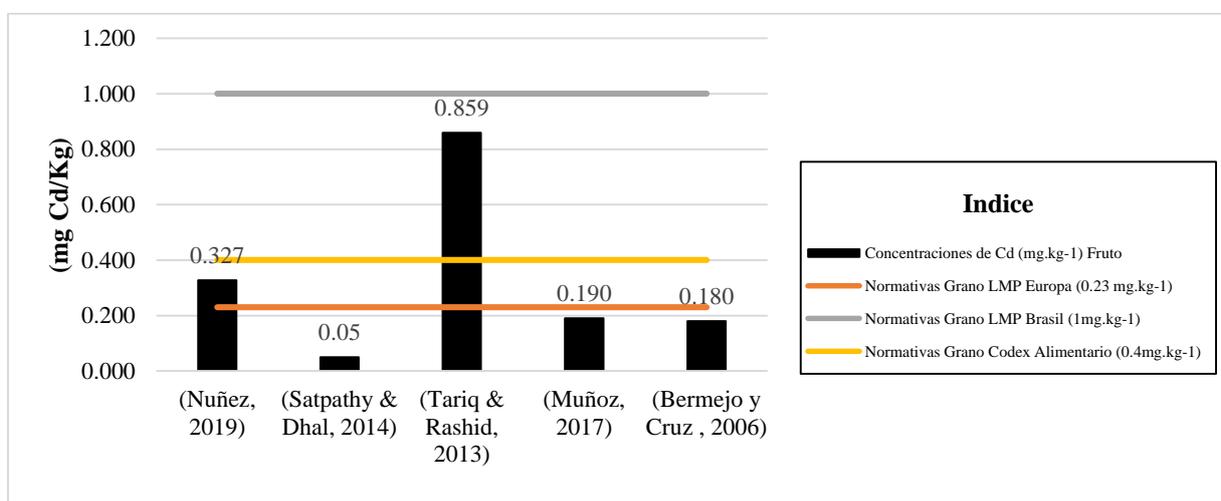


Figura 6: Concentración de Cd en el grano de arroz

3.2. Discusión

Según los investigadores (Bermejo & Cruz, 2006; Estrella & Yepez, 2017) mencionan que existe presencia de contaminación por As en el agua, las cuales fueron comparadas por los ECA y superaron con un valor de 10.4 mg. L-1 y 0.012 mg. L-1 siendo los estándares permitidos de 0.01 mg. L-1. La elevada concentración de As en el agua de riego es debido al uso de estas sin ser tratadas, las cuales causan la acumulación de metales pesados (Malla & Totawat, 2007).

En cuanto a la concentración en suelo según las investigaciones de (Bermejo & Cruz, 2006; Atiaga, 2019; Otero et al., 2016; Tineo & Periche, 2019) mencionan que existe presencia de contaminación por As en el suelo que supera las normativas TULSMA con un valor de 8.63 mg.kg-1, 10 mg.kg-1, 8.63 mg.kg-1, 7.49 mg.kg-1, 14.73 mg.kg-1. El uso de aguas de riego da lugar a la acumulación de As con un valor de 40 mg como kg -1 en suelos (Chihuahua, & Gutiérrez, 2019; Estrella & Yepez, 2017). Por otro lado la concentración en grano según las investigaciones de (Bermejo & Cruz, 2006; Estrella & Yepez, 2017; Atiaga, 2019; Otero et al., 2016; Tineo & Periche, 2019) mencionan que existen elevadas concentraciones de As en el grano las cuales sobrepasa las normativas de Europa (0,2 mg.kg-1), Codex Alimentario-2015(0.2 mg.kg-1), INEC con una concentración promedio de 0.217 mg. kg-1. Según Williams et al., (2015) menciona que un pequeño aumento en la cantidad de As en el suelo puede dar lugar a altas concentraciones de As en los granos de arroz. Asimismo (Valiente, 2018) en su estudio determinó obtener datos de concentraciones elevadas de As en arroz integral (0.48 mg/Kg), arroz precocido (0.42 mg.kg-1) y arroz blanco (0.26 mg.kg-1) comparadas con el Codex Alimentarius (0.31 mg.kg-1) las cuales superaban los estándares de Codex alimentarios. Según (Guerra Alva, 2017) menciona que las concentraciones medias de As son de 255 µg / kg de arroz sin pulir y 143 µg / kg de arroz pulido los cuales estos niveles generan interés en la salud pública de China. Además de ello (Valiente, 2018) menciona que es importante su determinación ya que se ha demostrado que la exposición a largo plazo se asocia con la aparición de lesiones cutáneas, neuropatía

periférica, síntomas gastrointestinales, aumento en el riesgo de diabetes, efectos sobre el sistema renal, enfermedades cardiovasculares y cáncer.

Según (Bermejo & Cruz, 2006; Reddy et al., 2013; Nuñez & Periche, 2019) mencionan que la concentración de Cd en el agua fueron (0.049, 2.58; 0.16; 2.58 ± 0.04 ; 0.16 mg.L⁻¹) supera los ECA y la norma TULSMA, además, en el suelo la concentración de Cd (0.89; 0.6 ± 0.04 ; 8.5–9.3; 35.02; $2,59 \pm 0,31$; 0.97 mg/kg), superan la normativa de Pakistan standars en todas las investigaciones, ECA y TULSMA respectivamente; y en el grano de Arroz la concentración de Cd (0.327; 0.859; $0,19 \pm 0,050$; 0.180 mg/kg), supera los LMP de Europa y el Codex Alimentarius; entendiendo que la concentración del cadmio en los tres medios, supera las normas ya mencionadas, debido a la presencia de agroquímicos y la influencia del uso de agua de riego. La disponibilidad de Cd en los suelos agrícolas, se da principalmente por fertilizantes fosfatados, por lo que la entrada de Cd a través de fertilizantes depende, por un lado, del consumo del fertilizante. Las concentraciones de Cd oscilaron entre <0,1 a 120 mg Cd/kg P2O5, con una media de 36 mg Cd/kg P2O5. (Sanchez, 2016). Asimismo, la concentración de Cd, En los fertilizantes fue de $41,30 \pm 1,65$ mg/kg, superando 41 veces a lo recomendado por el Departamento de Ecología del Estado de Washington (1 mg/kg Cd)(Muñoz, 2017). Por otro lado, la importancia de considerar factores riesgos mediante medidas aplicables, para reducir el cadmio en el suelo, el agua o los fertilizantes que se utilizan para la producción de arroz, (Codex Alimentarius, 2017). No obstante, la máxima concentración de cadmio en suelo, raíz, hoja y granos fue de $2,59 \pm 0,31$; $0,50 \pm 0,07$; $0,44 \pm 0,08$; $0,19 \pm 0,050$ mg/kg Cd respectivamente, de estos, la concentración en el suelo es 5 veces mayor que el límite máximo permisible establecido en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (0,5 mg/kg Cd). (Muñoz, 2017). Existe mucha información, en el cual considera que el cadmio está presente en los suelos agrícolas de Ecuador (Quispe & Filemón, 2018), el cual al ser absorbido por la planta le producirá afectaciones en su desarrollo y crecimiento. Asimismo, la presencia de este metal en los suelos agrícolas puede provocar una acumulación, introducirse a la cadena alimenticia humana provocando envenenamiento ya sea a largo y corto plazo (CODESPA, 2015).

Además, el cadmio puede entrar por diferentes vías al organismo; una de ellas es la ingestión de alimentos, teniendo en cuenta que América latina es el segundo continente con más consumo de arroz después de Asia (Méndez et al., 2007).

4. Conclusiones

Los resultados más significativos en la concentración de Arsénico en cultivos de arroz, los tres medios analizados comprenden; (10.4 mg. L⁻¹) en aguas de riego, (8.63; 10; 8.63; 7.49; 14.73 mg/kg) en suelos, (0,2; 0,42; 0,26 mg/kg) en granos de arroz, (Bermejo & Cruz , 2006; Atiaga, 2019; Otero et al., 2016; Nuñez & Periche, 2019). Como es evidente, las concentraciones sobrepasan las normativas como TULSMA, ECA y Codex Alimentarius, entendiéndose que su nivel de toxicidad del As puede ser perjudicial para el consumo humano y para la calidad ambiental. Puesto que América latina es uno de los productos con mayor productividad y consumo, teniendo un gran desafío en los objetivos mencionados en el desarrollo sostenible para la seguridad alimentaria y ambiental.

Seguidamente, los resultados más significativos en la concentración de cadmio (Cd) en cultivos de arroz, los tres medios analizados comprenden; (0.049, 2.58; 0.16; 2.58 ± 0.04; 0.16 mg.L⁻¹) en aguas de riego, (0.89; 0.6 ± 0.04; 8.5–9.3; 35.02; 2,59±0,31; 0.97 mg.kg⁻¹) en suelos, (0.327; 0.859; 0,19±0,050; 0.180 mg/kg) en granos de arroz, (Bermejo & Cruz, 2006; Atiaga, 2019; Otero et al., 2016; Nuñez & Periche, 2019). En estos resultados es evidente que las concentraciones sobrepasan las normativas como TULSMA en agua y suelo, normativa de Pakistan standars en suelos, ECA y Codex Alimentarius en grano de arroz, entendiéndose que su nivel de toxicidad del Cadmio puede ser perjudicial para el consumo humano y los recursos que se utilizan para fines de agricultura y riego. Teniendo un claro conocimiento que los países de América latina, como Brasil, Colombia, Venezuela, Perú y Ecuador producen mayores cantidades para el consumo humano (REDPA, 2015).

Concluyendo que tanto el Arsénico y Cadmio son metales pesados de importancia ambiental, siendo evidente que, en las investigaciones demostradas, superan estándares de calidad ambiental y alimentario de las normas establecidas. Por lo tanto, es importante considerar esta problemática que se muestra en distintos países de América Latina, para poder mitigar los impactos que se generan en los recursos naturales y proteger la salud humana, garantizando una mejor disponibilidad de los recursos en la seguridad alimentaria.

5. Referencias

- Adriano, D. C. (2001). Elementos traza en ambientes terrestres. *Japanese Circulation Journal*, 65, 644. Retrieved from <https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-21510-5>
- Alarcón Vargas, S. L. (2003). Determinación de elementos traza (Cd,Cu,Ni,Pb, Hg y As) en agua de mar y sedimento de la Bahía de Puerto Montt. *Avances En El Conocimiento Oceanográfico de Las Aguas Inferiores Chilenas, Puerto Montt a Cabo de Hornos*, 45–49. Retrieved from <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/fca321d/doc/fca321d.pdf>
- Bermejo R, Luís; Cruz C, G. (2006). Metales pesados en los suelos cultivados con arroz-margen izquierda del Río Tumbes, Perú. In *Manglar*. Retrieved from <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar>
- Bhatti, S. S., Kumar, V., Singh, N., Sambyal, V., Singh, J., Katnoria, J. K., & Nagpal, A. K. (2016). Physico-chemical Properties and Heavy Metal Contents of Soils and Kharif Crops of Punjab, India. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 801–808. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.096>
- Cano Ferrer, G. (2018). “Efecto Del Lavado En El Contenido De Arsénico De Diferentes Tipos De Arroz (Oryza Sativa) .” Retrieved from http://dSPACE.umh.es/bitstream/11000/5350/1/TFG_Cano_Ferrer%2C_Germán.pdf
- Carbonell Barrachina, Angel Antonio; Mataix Beneyto, Jorge Juan; Burló Carbonell, F. (1995). *Arsénico en el sistema suelo-planta. Significado ambiental*. 139. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=61709>
- Chihuahua, E. D. E., Ballinas-casarrubias, M. D. L., & Rocha-gutiérrez, B. A. (2019). *Trazabilidad de arsénico en agua de riego agrícola en el centro sur del estado de chihuahua, méxico*. 35, 81–91. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.esp03.10>
- CODESPA. (2015). *Desarrollo del mercado rural de semillas de calidad para pequeños productores*. 108.
- Codex Alimentarius. (2017). *Comisión del Codex Alimentariu*.
- Estrella, J., & Yepez, K. (2017). *Determinación de la concentración de arsénico total en cultivos de arroz en la provincia de el oro y su relación con las propiedades físicas y químicas del suelo, agua y planta*. 1–100. Retrieved from <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/12612?show=full>
- FAO. (2017). Seguimiento del mercado del arroz / Diciembre de 2017. *Seguimiento Del Mercado Del Arroz de La FAO (SMA)*, XX(4), 1–10.
- Franco-Uría, A., López-Mateo, C., Roca, E., & Fernández-Marcos, M. L. (2009). Source identification of heavy metals in pastureland by multivariate analysis in NW Spain. *Journal of Hazardous Materials*, 165(1–3), 1008–1015. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.10.118>
- García-Gutiérrez, Cipriano; Rodríguez-Meza, G. D. (2012). *Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa*. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/461/46125177005.pdf>
- García Saran, M. V. (2010). Determinación cuantitativa de cobre, arsénico, cadmio y plomo en rábano rojo (*Raphanus sativus*), que se cosecha en Planes de San Pedro Ojo de Agua, San Pedro Sacatepéquez Guatemala. *To B\$H\$M\$A\$ To\$Y\$ A\$Z\$K\$A\$H\$T\$I\$O\$Y\$*, 9(1), 76–99. <https://doi.org/10.1558/jsrnc.v4i1.24>
- Guerra Alva, K. P. (2017). *Evaluación de metales pesados (Cr, Al, Fe) en aguas de escorrentía pluvial en las cunetas y su impacto en cultivos de arroz - Marona 2017*. 52. Retrieved from http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3291/AMBIENTAL_Karen_Patricia_Guerra_Alva.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Jiao, W., Chen, W., Chang, A. C., & Page, A. L. (2012). Environmental risks of trace elements associated with long-term phosphate fertilizers applications: A review. *Environmental Pollution*, 168, 44–53. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.03.052>
- Juan D. Mahecha-Pulido, Juan M. Trujillo-González, & Marco A. Torres-Mora. (2015). Contenido de metales pesados en suelos agrícolas de la región del Ariari, Departamento del Meta. *Orinoquia*, 19(1), 118–122. Retrieved from

- <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v19n1/v19n1a11.pdf>
- Kelepertzis, E. (2014). Accumulation of heavy metals in agricultural soils of Mediterranean: Insights from Argolida basin, Peloponnese, Greece. *Geoderma*, 221–222, 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.01.007>
- Lange, G. (2006). *Pesticide use in Rice cultivation in Tarapoto , Peru Pesticide residues in blood of farmers , usage behaviour , and health care practices*. Retrieved from https://stud.epsilon.slu.se/11932/1/lange_g_171115.pdf
- Lepp, N. (1981). *Efecto de la contaminación por metales pesados en las plantas*. Retrieved from <https://www.springer.com/la/book/9789400981010#otherversion=9789400980990>
- Luis Martí, Juan Nicolás Burba, M. C. (2002). *Metales pesados en fertilizantes fosfatados, nitrogenados y mixtos*. 43–48. Retrieved from http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/2829/martiagrarias2-34-02.pdf?fbclid=IwAR1mg45tKDtxHmrWaX-2pVBHrnWDx5xmlHPN8rel6psdX_KbXkv1NgHqTAW
- Malla, R., Tanaka, Y., Mori, K., & Totawat, K. L. (2007). *Effect of Short-term Sewage Irrigation on Chemical Build Up in Soils and Vegetables*. IX. Retrieved from <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/888>
- Mamani, E. L. (2018). Remoción de Molibdeno del agua del río Challhuahuacho de Cotobambas-apurimas con carbono activado de tusa de maíz. *Universidad Nacional Del Altiplano*, 1–130. https://doi.org/10.1007/8904_2014_350
- Méndez Fajardo, S., Lara Borrero, J. A., Moreno, G., & Ayala, A. (2007). Estudio preliminar de los niveles de cadmio en arroz, frijoles y lentejas distribuidos en supermercados de Bogotá y plazas de Manizales. *Fitotecnia Colombiana*, 7(2), 40–47.
- Mondal, D., Periche, R., Tineo, B., Bermejo, L. A., Rahman, M. M., Siddique, A. B., ... Cruz, G. J. F. (2020). Arsenic in Peruvian rice cultivated in the major rice growing region of Tumbes river basin. *Chemosphere*, 241, 125070. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125070>
- Muñoz, J. (2017). *Determinación de Cadmio en fertilizantes , plantas de Oryza sativa L . y suelos de la provincia del Guayas : Propuesta de saneamiento. (Tesis de Grado)*. 58. Retrieved from http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17569/1/TESIS_JORGE_MUÑOZ_2017.pdf
- Nathália Leal Carvalho, T. S. P. (2011). *ECOTOXICOLOGIA: CONCEITOS, ABRANGÊNCIA E IMPORTÂNCIA AGRONÔMICA Ecotoxicology: Concepts, scope and agronomic importance*. 176–192. Retrieved from <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/2315/1598>
- Núñez García, A. L. (2015). *Caracterización de la problemática de las aguas residuales en Ixmiquilpan Hidalgo, México*. 1–95. Retrieved from http://dcsh.izt.uam.mx/licenciaturas/geografia_humana/wp-content/uploads/2015/09/Tesina-Ana-Laura-Nuñez-2015.pdf
- Oliva Atiaga, F. (2019). *Bioaccesibilidad del arsénico y metales pesados en arrozales de Ecuador y riesgo para la salud humana*. Retrieved from https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/23022/rep_2028.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Otero, X. L., Tierra, W., Atiaga, O., Guanoluiza, D., Nunes, L. M., Ferreira, T. O., & Ruales, J. (2016). Arsenic in rice agrosystems (water, soil and rice plants) in Guayas and Los Ríos provinces, Ecuador. *Science of the Total Environment*, 573, 778–787. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.162>
- Quispe, B., & Filemón, B. (2018). *Evaluación de la concentración de metales pesados en frutos de Passiflora ligularis por uso intensivo de agroquímicos Oxapampa , Pasco*. Retrieved from http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4855/Buendia_Quispe.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Reddy, M. V., Satpathy, D., & Dhiviya, K. S. (2013). *Assessment of heavy metals (Cd and Pb) and micronutrients (Cu , Mn , and Zn) of paddy (Oryza sativa L .) field surface soil and water in a predominantly paddy-cultivated area at Puducherry (Pondicherry , India), and effects of the agricultural runoff*. 6693–6704. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-3057-3>

- REDPA. (2015). EL MERCADO DEL ARROZ EN LOS PAÍSES DEL CAS. *Dk*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Sanchez Barrón, G. (2016). Ecotoxicología del cadmio: riesgo para la salud de la utilización de suelos ricos en cadmio. *Facultad De Farmacia Universidad Complutense Trabajo*, 23.
- Satpathy, D., Reddy, M. V., & Dhal, S. P. (2014). Risk Assessment of Heavy Metals Contamination in Paddy Soil, Plants, and Grains (*Oryza sativa* L.) at the East Coast of India. *Research Article*, 2014. Retrieved from <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2014/545473/>
- SCHENCKE. (2010). *Universidad Austral de Chile*.
- Sergio Rabello Alves, J. J. O.-S. (2003). *Avaliação de ambientes contaminados por agrotóxicos*. Retrieved from <http://books.scielo.org/id/sg3mt/pdf/peres-9788575413173-09.pdf>
- Suriyagoda, L. D. B., Dittert, K., & Lambers, H. (2018). Arsenic in Rice Soils and Potential Agronomic Mitigation Strategies to Reduce Arsenic Bioavailability: A Review. *Pedosphere: An International Journal*, 28(3), 363–382. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(18\)60026-8](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(18)60026-8)
- Tariq, S. R., & Rashid, N. (2013). *Multivariate Analysis of Metal Levels in Paddy Soil, Rice Plants, and Rice Grains: A Case Study from Shakargarh, Pakistan*. 2013. Retrieved from <https://www.hindawi.com/journals/jchem/2013/539251/>
- Tineo Nuñez, Bristin Geraldine; Periche Viera, R. E. (2019). *Evaluación del contenido de metales pesados en la margen izquierda del valle del río Tumbes y su absorción por el cultivo de arroz durante el periodo Marzo – Julio 2018*. Retrieved from http://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/UNITUMBES/383/TESIS-PERICHE_Y_TINEO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Valiente, L. E. (2018). *Determinación cuantitativa de arsénico total en arroz comercializado en la ciudad de Guatemala por espectrofotometría de absorción (HGAAS)*. Retrieved from http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_4164.pdf
- Williams, P. N., Villada, A., Deacon, C., Raab, A., Figuerola, J., Green, A. J., ... Meharg, A. A. (2015). Greatly enhanced arsenic shoot assimilation in rice leads to elevated grain levels compared to wheat and barley. *Environmental Science and Technology*, 41(19), 6854–6859. <https://doi.org/10.1021/es070627i>