

DEPÓSITO LEGAL ppi 201502ZU4666
Esta publicación científica en formato digital
es continuidad de la revista impresa
ISSN 0041-8811

Revista de la Universidad del Zulia

Fundada en 1947
por el Dr. Jesús Enrique Lossada



Ciencias

Exactas

Naturales

y de la Salud

Año 12 N° 33
Mayo - Agosto 2021
Tercera Época
Maracaibo-Venezuela

Evaluación del contenido de metales pesados en suelos periurbanos a partir de parámetros fisicoquímicos

Liz Jhoana Astonitas Carrasco*
Elí Pariente Mondragón**
Manuel Emilio Milla Pino***

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el contenido de metales pesados en suelos agrícolas arroceros periurbanos de la provincia de Utcubamba, Amazonas, Perú. Se realizó un muestreo preliminar donde se analizaron parámetros fisicoquímicos del suelo y un muestreo definitivo para determinar el contenido de metales. Las muestras se obtuvieron de ambos márgenes del río Utcubamba. Los resultados del muestreo preliminar mostraron heterogeneidad en las características fisicoquímicas de los suelos analizados y el muestreo definitivo documentó el siguiente orden del contenido de metales: Al > Ba > Sr > Ti > V > Ce > Pb > Ni > Cr > Li > As > Cd > Sn > Be > Sb > Hg, no se registró Se, Ag y Tl. Los metales analizados muestran contenidos inferiores a los Estándares de Calidad Ambiental para suelos, con excepción del Cd que supera al nivel de referencia con un valor promedio de 2.26 mg.kg⁻¹.

PALABRAS CLAVE: Metales; suelos arroceros; muestreo de suelos.

* Investigadora Asociada en el Laboratorio de Dendrología y Herbario, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3154-4580> E-mail: jhoanaweb@hotmail.com

**Laboratorio de Dendrología y Herbario, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES), Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9197-0218>

*** Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Jaén, Cajamarca, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3931-9804>

Recibido: 26/02/2021

Aceptado: 05/04/2021

Evaluation of the content of heavy metals in periurban soils from physicochemical parameters

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the content of heavy metals in peri-urban rice agricultural soils of the province of Utcubamba, Amazonas, Peru. A preliminary sampling was carried out where physicochemical parameters of the soil and a definitive sampling were analyzed to determine the metal content. The samples were obtained from both banks of the Utcubamba River. The results of the preliminary sampling showed heterogeneity in the physicochemical characteristics of the analyzed soils and the final sampling documented the following order of the metal content: Al > Ba > Sr > Ti > V > Ce > Pb > Ni > Cr > Li > As > Cd > Sn > Be > Sb > Hg, Se, Ag and Tl were not recorded. The metals analyzed show contents lower than the Environmental Quality Standards for soils, with the exception of Cd, which exceeds the reference level with an average value of 2.26 mg.kg⁻¹.

KEYWORDS: Metals; rice soils; soil sampling.

Introducción

En el Perú el 30.1% (38 742 465 ha) de la superficie del territorio nacional se enfoca en la actividad agropecuaria, de ellas el 18.5 % (7 125 007 ha) es superficie agrícola y el 81.5 % (31 617 457 ha) no agrícola; el mayor número de unidades agropecuarias están ubicadas en la sierra del Perú con 63.9%, seguida por la selva con 20.3% y finalmente la costa con 15.8%. A nivel Nacional, dentro de la superficie agrícola destacan los cultivos de papa, maíz amarillo duro, maíz amiláceo y arroz (INEI, 2013). El arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial (Delince et al., 2015).

El cultivo de arroz en el Perú está constituido como el de mayor relevancia y componente esencial de la canasta básica de consumo nacional (Llonto, 2015). Las principales regiones productoras de arroz en el Perú es la costa (Piura, Lambayeque, La Libertad) y la selva (San Martín, Amazonas, Loreto, Ucayali) (MINAGRI, 2019). El departamento de Amazonas cuenta con una superficie agrícola de 252 810.41 ha, de ellas 2 250 unidades agropecuarias pertenecen a la provincia de Utcubamba con cultivos de arroz en las variedades de moro y capirona (INEI, 2013; Albuja, 2018).

En los últimos años la demanda de arroz se ha incrementado y su producción se ha intensificado, provocando en los agricultores el uso excesivo de productos agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas) para obtener mayores producciones (Gómez, 2008; Sharafati et al., 2016). Las aplicaciones continuas de fungicidas, herbicidas, insecticidas, pueden causar degradación de suelos, destruir poblaciones de microorganismos que actúan como controladores biológicos y contaminar cuerpos de agua (Rueda et al., 2011; Marín, 2020); además, su uso excesivo contribuye en la elevación de concentraciones de metales en suelos agrícolas (Kelepertzis, 2014).

Los metales pesados constituyen un serio peligro para la humanidad, una vez en el suelo, siguen varias vías que conducen a las cadenas tróficas (Delince et al., 2015). Estos elementos pueden encontrarse en el suelo de forma natural (procedentes de la roca madre) o pueden ser incorporados de forma antropogénica (García et al., 2002), por ejemplo, en la actividad agrícola se introducen en el suelo grandes cantidades de diferentes productos que contienen metales pesados (Micó, 2005; Moreno et al, 2013). En este mismo contexto, Mahecha et al. (2015) muestra registros de metales en los fertilizantes (Cd, Cr, Mo, Pb, Zn), plaguicidas (Cu, As, Hg, Pb, Mn, Zn) y compost (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn), todos ellos empleados en los diversos sistemas de producción agrícola.

Muchos de los metales mencionados (As, Cd, Pb) pueden llegar hasta el ser humano a través del consumo de arroz atentando contra su salud (Peralta et al., 2009). El interés por los metales pesados en los suelos agrícolas arroceros está relacionado con su capacidad de acumulación en el perfil del suelo hasta concentraciones tóxicas, y riesgos para la salud humana, no obstante, su biodegradabilidad y su interacción con las diferentes propiedades del suelo que determinan su acumulación, movilidad y biodisponibilidad hacia otros componentes del ecosistema (Rueda et al., 2011).

Los metales, una vez incorporados en el suelo pueden quedar retenidos en él o pueden ser movilizados, siendo las características del suelo (pH, potencial redox, composición iónica de la solución del suelo, capacidad de cambio, presencia de carbonatos, materia orgánica, textura, entre otros) un factor importante que influye en su movilización (Prieto et al., 2009). Por otro lado, García y Dorronsoro (2005) describen que los metales pueden pasar a la atmósfera por volatilización o pueden ser absorbidos por las plantas e incorporarse a las cadenas tróficas.

La presencia de metales constituye un serio peligro para el medio ambiente y para la humanidad; sin embargo, no existen investigaciones relacionados a la evaluación del contenido de metales en suelos agrícolas arroceros en el departamento de Amazonas, es por ello que en esta investigación se consideró evaluar la presencia de metales pesados en los suelos agrícolas arroceros periurbanos de la provincia de Utcubamba, Amazonas, Perú. Para ello se ha realizado una caracterización de los parámetros fisicoquímicos de los suelos arroceros periurbanos de la provincia de Utcubamba; y se han determinado las concentraciones de metales en las muestras representativas. Así mismo, se ha realizado un análisis de los resultados obtenidos de las concentraciones de metales pesados con respecto a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos, establecido por la normativa peruana.

1. Materiales y métodos

1.1. Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en los suelos agrícolas arroceros periurbanos con cultivos de arroz, en ambos márgenes del río Utcubamba, provincia de Utcubamba, Amazonas, Perú (Figura 1). La provincia de Utcubamba se encuentra a una altitud de 440 m.s.n.m., tiene una extensión de 3 860 km² y se ubica entre las coordenadas geográficas 77°51'7 y 78°42'12 longitud Oeste y, 5°23'25 y 6°10'53 latitud Sur.

1.2. Muestreo preliminar

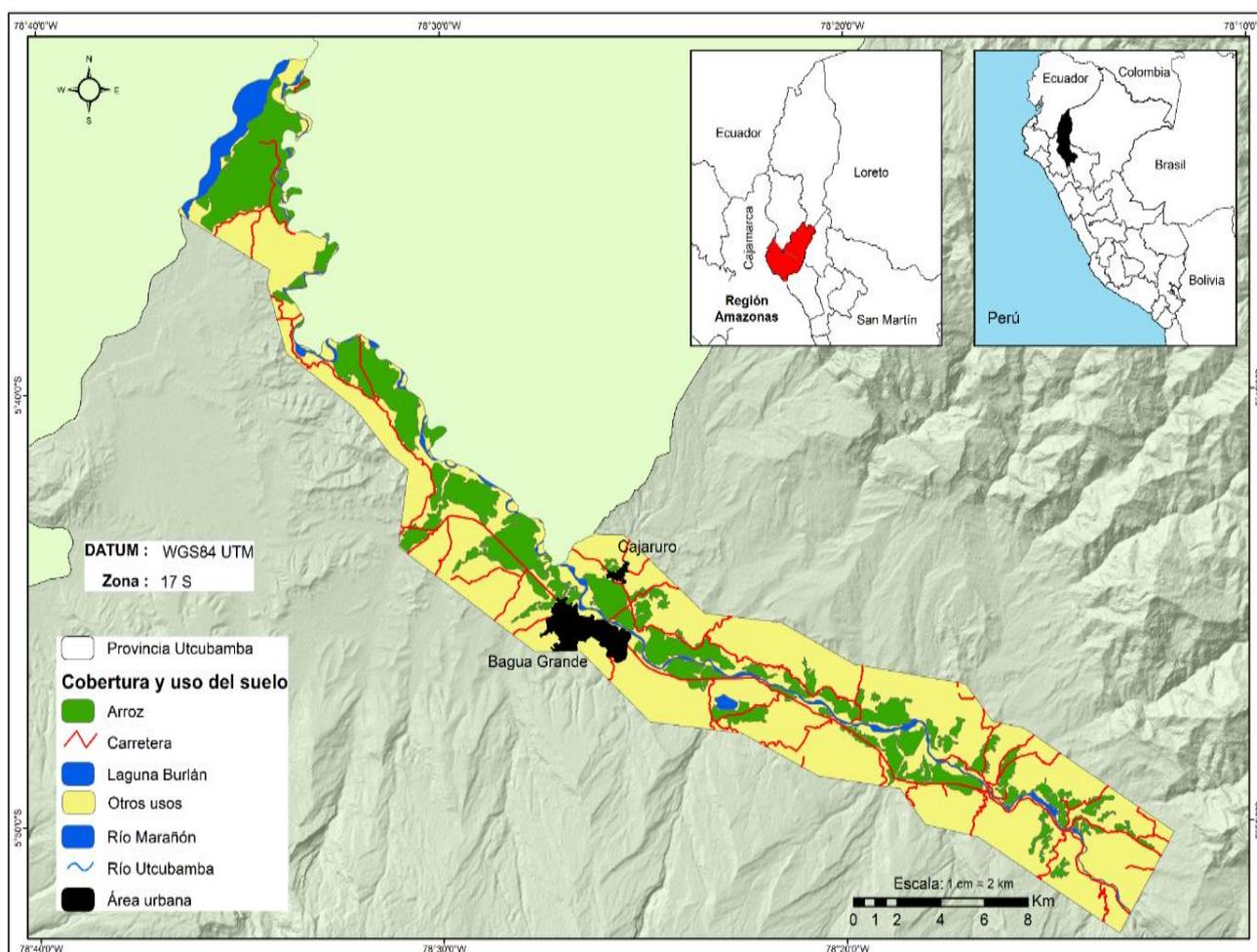
Estuvo basado en detectar homogeneidad o heterogeneidad en los parámetros fisicoquímicos de los suelos arroceros de ambos márgenes del río Utcubamba. Para este muestreo se estableció un área de 1 ha en cada margen del río Utcubamba (suelos arroceros). Se tomaron 5 muestras de suelo individuales de cada área (extremos y parte central) (Figura 2) a una profundidad de 0–30 cm. Las muestras se colectaron antes de la siembra o después de la cosecha, con la finalidad de evitar sesgo en los datos físicos y químicos por fertilizantes o manejo agroquímico del área.

1.3. Muestreo definitivo

Previo a realizar el muestreo definitivo se hizo una segmentación del área de estudio, específicamente de las áreas con cultivos de arroz. Así mismo, se realizó una estratificación

del área de estudio con la finalidad de garantizar que todos los segmentos que conforman la población estén debidamente representados en la muestra. La estratificación del área se realizó mediante el software ArcGIS (versión 10.5), para el cual se utilizó un Modelo de Elevación Digital (DEM) ALOS PALSAR de 12.5 metros de resolución. El área se estratificó según la altitud en zona: alta (670–1023 m.s.n.m), media (510–670 m.s.n.m) y baja (360–510 m.s.n.m).

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio (provincia de Utcubamba-Perú)



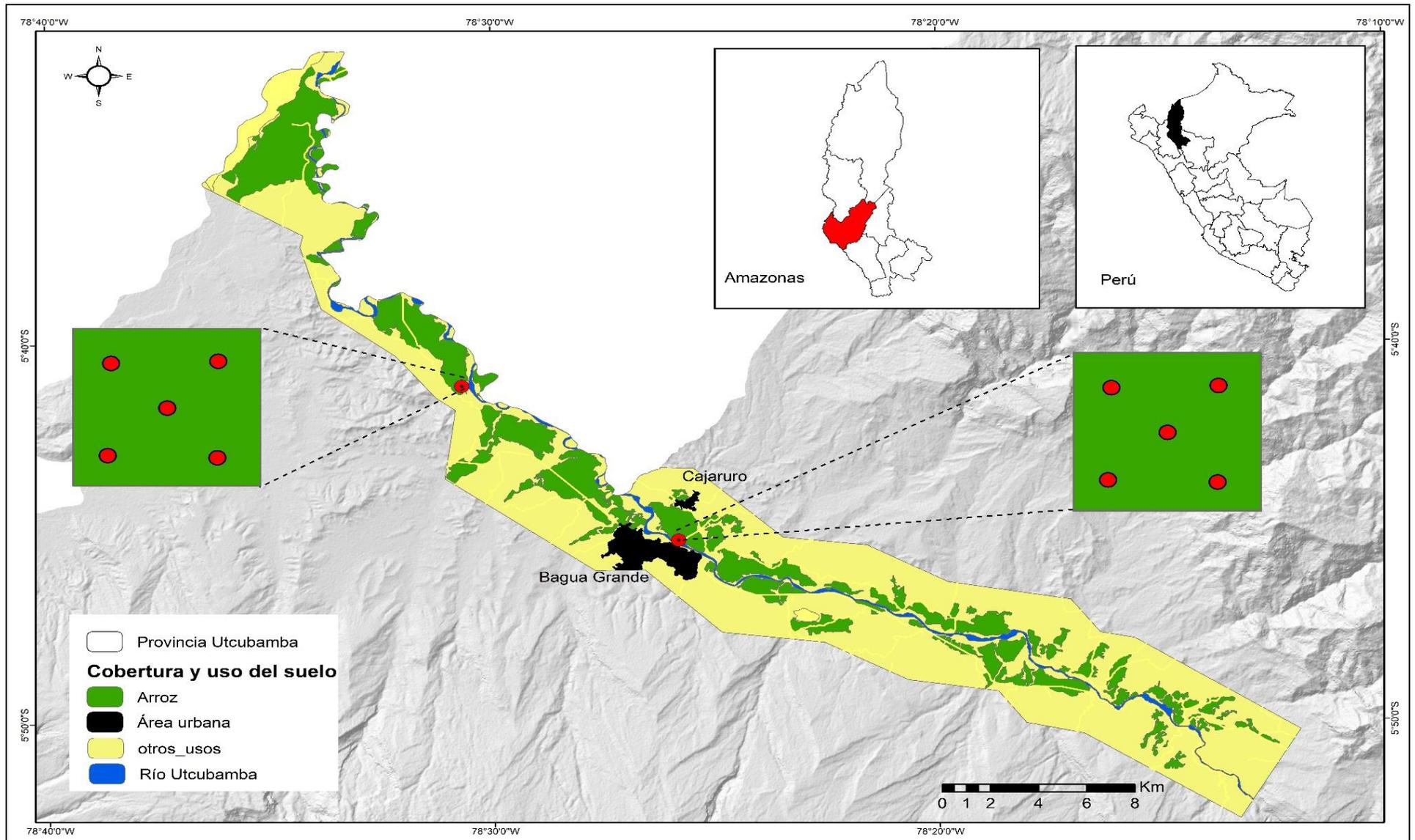


Figura 2. Parcelas con cultivos de arroz a ambos márgenes del río Utcubamba y sitios del muestreo preliminar

1.3.1. Distribución de los puntos de muestreo

Se realizó teniendo en cuenta dos aspectos muy importantes: a) que la zona con mayor superficie de parcelas arroceras sea la que aporte con la mayor cantidad de muestras al estudio; b) teniendo en cuenta que en los resultados del estudio preliminar (caracterización de suelos) se determinaron que los parámetros fisicoquímicos del suelo en ambos márgenes del río Utcubamba son heterogéneos; se estimó la necesidad de realizar el muestreo en ambos lados del río Utcubamba.

Para analizar los contaminantes (metales) en los suelos arroceros, se distribuyeron un total de 20 puntos de muestreo (10 en el margen derecho del río Utcubamba y 10 en el margen izquierdo) de la siguiente manera (Figura 3):

Zona alta: se consideraron un total de 4 puntos de muestreo (2 en el margen derecho del río y 2 en el margen izquierdo).

Zona media: en este caso se consideraron un total de 6 puntos de muestreo (3 en el margen derecho del río y 3 en el margen izquierdo), puesto que la presencia de las parcelas con cultivos de arroz en esta zona es mayor con respecto a la zona alta.

Zona baja: aquí se encuentran la mayor cantidad de parcelas arroceras, por lo tanto, esta zona es la que aportó con la mayor cantidad de muestras. En este caso se determinaron un total de 10 puntos de muestreo (5 en el margen derecho del río y 5 en el margen izquierdo).

1.3.2. Recolección de muestras de suelo

Se recolectaron un total de 20 muestras individuales de suelo arrocero para determinar la concentración de metales, las mismas que fueron extraídas de acuerdo a lo indicado en el ítem 1.3.1. distribución de los puntos de muestreo (Figura 3). Las muestras fueron extraídas a una profundidad de 0-30 cm.

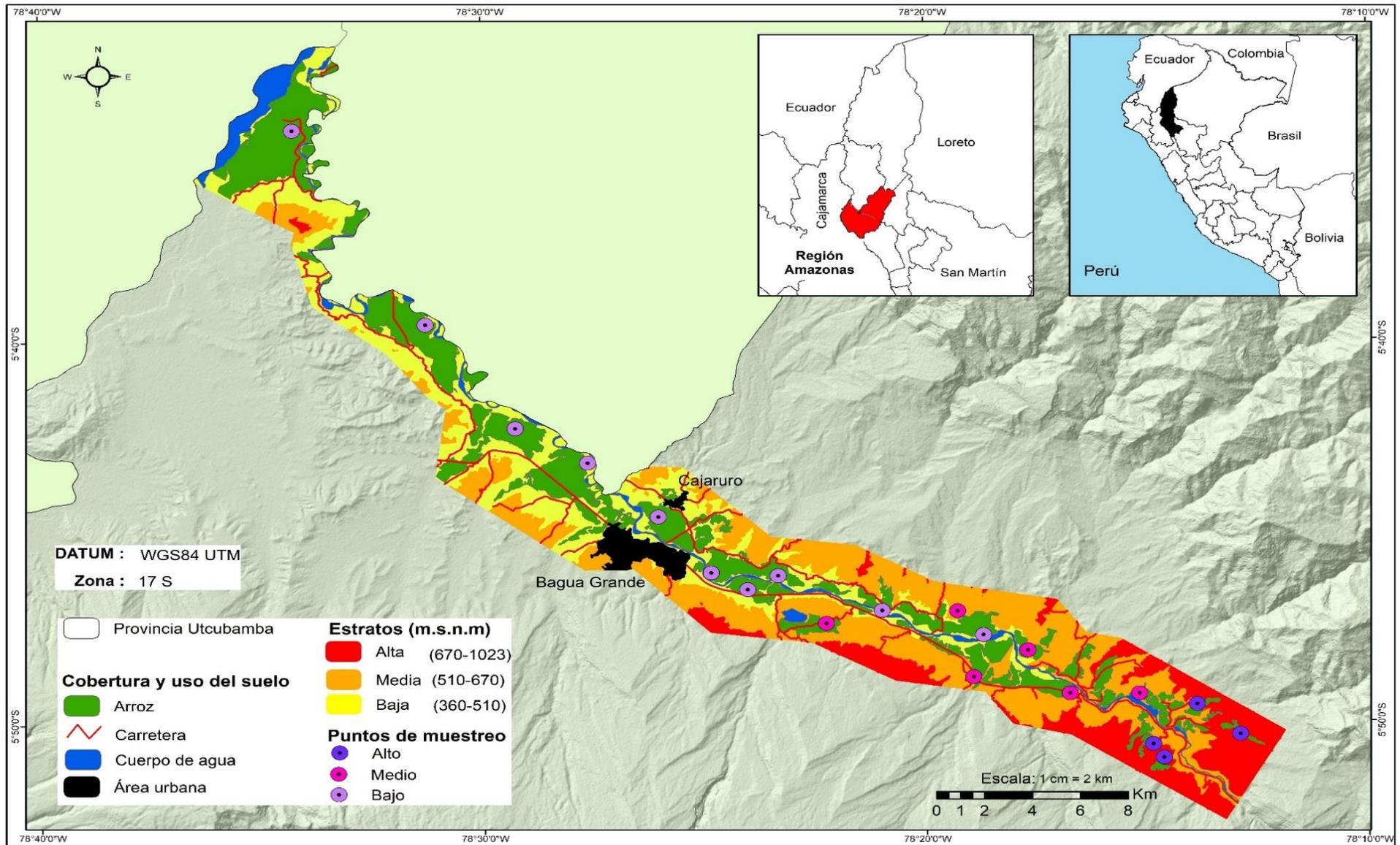


Figura 3. Georreferenciación de los puntos de muestreo para el análisis de metales

1.4. Análisis de laboratorio

El análisis de las 10 muestras de suelo donde se determinaron los parámetros fisicoquímicos tales como: pH; C.E (Conductividad Eléctrica); P; K; C; M.O; N; Análisis mecánico, Clase textural y la C.I.C (Capacidad de Intercambio Catiónico), se realizó en el Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas (LABISAG) del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM).

Los análisis de metales en las muestras de suelos arroceros fueron realizados en el laboratorio S.A.G. (Servicios Analíticos Generales) S.A.C., el cual cuenta con acreditación ante INACAL bajo la norma ISO / IEC 17025:2017. Los elementos analizados son los siguientes: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, Tl, V, Zn.

1.5. Procesamiento de datos y análisis de la información

Se realizaron pruebas T de Student para muestras independientes mediante el programa estadístico SPSS (versión 24).

2. Resultados

2.1. Análisis preliminar de los parámetros fisicoquímicos de los suelos arroceros periurbanos de la provincia de Utcubamba

El análisis de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de suelo de ambos márgenes del río Utcubamba, muestran diferencias (Tabla 1). El pH en ambos márgenes tiene valores promedios de 8.01 y 8.15 respectivamente, siendo su diferencia poco significativa, pero determinante en similitud, debido a que los suelos en ambos márgenes del río son moderadamente alcalinos. En cuanto a la C.E los suelos en ambos márgenes son ligeramente salinos, los valores promedios se encuentran por debajo de 2 dS/m; el contenido de materia orgánica presenta una diferencia en sus valores en ambos márgenes, margen derecho con valor promedio de 3.08%, indicando suelos con porcentaje medio de M.O; sin embargo, en el margen izquierdo el valor medio de la M.O es < 2% (M.O = 1.99%), por lo tanto se ubica en una clasificación baja. La C.I.C en ambos márgenes sus valores se encuentran en un nivel medio. En cuanto al análisis mecánico se observó en el margen derecho suelos con mayor porcentaje de arena, seguido por arcilla y limo (Arena>Arcilla>Limo); y el margen izquierdo

un mayor porcentaje de Arcilla, seguido por arena y limo (Arcilla>Arena>Limo).

Tabla 1. Comparación de estadísticos descriptivos de parámetros fisicoquímicos del margen derecho e izquierdo del río Utcubamba.

		pH	C.E	M.O	C.I.C	Arena	Limo	Arcilla
MÁRGEN DERECHO	N	5	5	5	5	5	5	5
	Mínimo	7.94	0.40	2.30	19.60	46.00	14.00	32.00
	Máximo	8.13	0.71	4.60	26.93	52.00	16.00	38.00
	Media	8.01	0.50	3.08	23.79	49.20	15.60	35.20
	Desviación estándar	0.07	0.12	0.92	2.85	2.28	0.89	2.28
MÁRGEN IZQUIERDO	N	5	5	5	5	5	5	5
	Mínimo	8.06	0.53	1.53	29.58	20.00	14.00	48.00
	Máximo	8.28	0.76	3.06	33.45	38.00	22.00	60.00
	Media	8.15	0.67	1.99	31.83	30.40	18.00	51.60
	Desviación estándar	0.09	0.09	0.62	1.92	6.84	3.16	4.98

En la Tabla 2 se observa los resultados de la prueba T de Student aplicada a los parámetros fisicoquímicos. La prueba de Levene de igualdad de varianzas entre los dos grupos indica que todas las variables analizadas (pH; C.E; M.O; C.I.C; arena; limo y arcilla) tienen una significancia mayor a 0.05; en tal sentido, se asumen varianzas iguales. Los valores del estadístico “t” con sus niveles de significación bilateral, nos indica que para el caso de la C.E; M.O y limo, no existen diferencias significativas entre las medias de los grupos (margen derecho - margen izquierdo) debido a que su valor $p > 0.05$; sin embargo, el pH; C.I.C; arena y arcilla muestran valores de $p < 0.05$, indicando que las medias de los grupos son diferentes para estas variables.

En el análisis de los parámetros fisicoquímicos, los valores aparentemente no difieren cuantitativamente, pero no son determinantes para considerar el área a ambos márgenes homogénea, por tal motivo el análisis para metales se realizó tanto en el margen derecho como en el margen izquierdo del río Utcubamba.

2.2. Análisis del contenido de metales en los suelos arroceros periurbanos de la provincia de Utcubamba

En la Tabla 3 se muestra los estadísticos descriptivos de los macronutrientes (P, K, Ca y Mg) y micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Co y Na) encontrados en el área de estudio.

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
pH	Se asumen varianzas iguales	0.98	0.35	-2.80	8.00	0.02	-0.15	0.05	-0.27	-0.03
	No se asumen varianzas iguales			-2.80	7.62	0.02	-0.15	0.05	-0.27	-0.02
C.E	Se asumen varianzas iguales	0.20	0.67	-2.31	8.00	0.05	-0.16	0.07	-0.32	0.00
	No se asumen varianzas iguales			-2.31	7.45	0.05	-0.16	0.07	-0.33	0.00
M.O	Se asumen varianzas iguales	0.30	0.60	2.19	8.00	0.06	1.09	0.50	-0.06	2.23
	No se asumen varianzas iguales			2.19	6.99	0.06	1.09	0.50	-0.09	2.26
C.I.C	Se asumen varianzas iguales	0.48	0.51	-5.24	8.00	0.00	-8.05	1.54	-11.59	-4.50
	No se asumen varianzas iguales			-5.24	7.01	0.00	-8.05	1.54	-11.68	-4.41
Arena	Se asumen varianzas iguales	3.68	0.09	5.83	8.00	0.00	18.80	3.22	11.36	26.24
	No se asumen varianzas iguales			5.83	4.88	0.00	18.80	3.22	10.45	27.15
Limo	Se asumen varianzas iguales	5.02	0.06	-1.63	8.00	0.14	-2.40	1.47	-5.79	0.99
	No se asumen varianzas iguales			-1.63	4.64	0.17	-2.40	1.47	-6.27	1.47
Arcilla	Se asumen varianzas iguales	1.46	0.26	-6.70	8.00	0.00	-16.40	2.45	-22.05	-10.75
	No se asumen varianzas iguales			-6.70	5.61	0.00	-16.40	2.45	-22.50	-10.30

Tabla 2. Prueba T de Student para muestras independientes de los parámetros fisicoquímicos

Tabla 3. Estadísticos descriptivos de macro y micronutrientes

		N	Mínimo	Máximo	Media
MACRO NUTRIENTES	Calcio	20	17 541.70	40 000.00	34 990.24
	Potasio	20	802.60	1 464.40	1 155.77
	Magnesio	20	2 071.40	4 011.00	3 111.98
	Fósforo	20	429.80	1 113.50	825.94
MICRO NUTRIENTES	Boro	11	0.30	2.20	1.11
	Cobalto	20	3.71	6.52	5.31
	Cobre	20	11.90	29.10	21.01
	Hierro	20	7 169.00	15 408.30	11 659.30
	Manganeso	20	214.77	423.31	319.48
	Molibdeno	11	0.20	1.00	0.43
	Sodio	20	186.10	1 028.80	400.71
	Zinc	20	22.80	82.10	52.81

Así mismo, se muestran en la Tabla 4 los estadísticos descriptivos de cada uno de los contaminantes analizados (Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Ce, Cr, Hg, Li, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, Tl, V). En el análisis los valores medios de los contenidos de metales siguen la secuencia: Al > Ba > Sr > Ti > V > Ce > Pb > Ni > Cr > Li > As > Cd > Sn > Be > Sb > Hg. Mientras que las concentraciones de Ag, Se y Tl están por debajo del límite de detección del método (LDM) empleado por el laboratorio SAG S.A.C.

2.3. Análisis de las concentraciones de metales en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo

Con la finalidad de poder determinar si las concentraciones de los metales analizados se encuentran dentro de los valores establecidos en la normatividad peruana (Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM) o superan los ECAs, a continuación, se muestran los resultados de As, Ba, Cd y Pb.

Tabla 4. Estadísticos descriptivos de los metales

	N	Mínimo	Máximo	Media
Plata	0	-	-	-
Aluminio	20	5 511.30	13 118.80	8 690.92
Arsénico	20	1.00	5.10	3.17
Bario	20	133.00	228.90	176.63
Berilio	20	0.39	0.76	0.58
Cadmio	20	1.36	3.24	2.26
Cerio	20	4.80	30.60	21.02
Cromo	20	3.94	11.01	7.78
Mercurio	2	0.10	0.20	0.15
Litio	20	3.50	8.50	6.47
Níquel	20	5.62	17.14	10.39
Plomo	20	7.45	14.77	11.52
Antimonio	6	0.30	1.10	0.53
Selenio	0	-	-	-
Estaño	20	0.70	1.50	1.16
Estroncio	20	72.50	181.90	124.21
Titanio	20	9.17	35.86	23.29
Talio	0	-	-	-
Vanadio	20	17.17	29.66	23.18

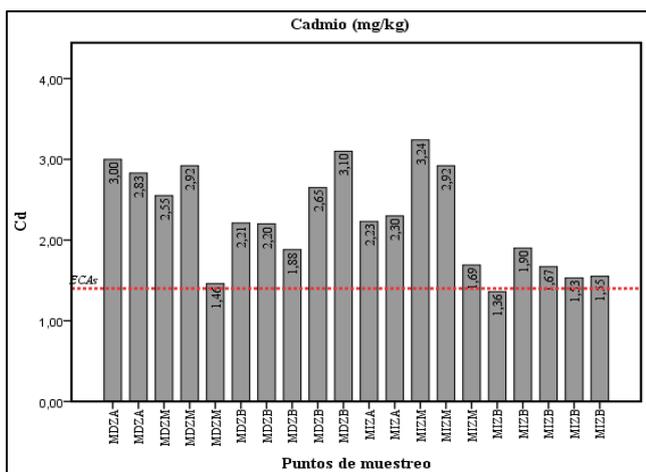


Figura 4. Concentraciones de arsénico en las 20 muestras

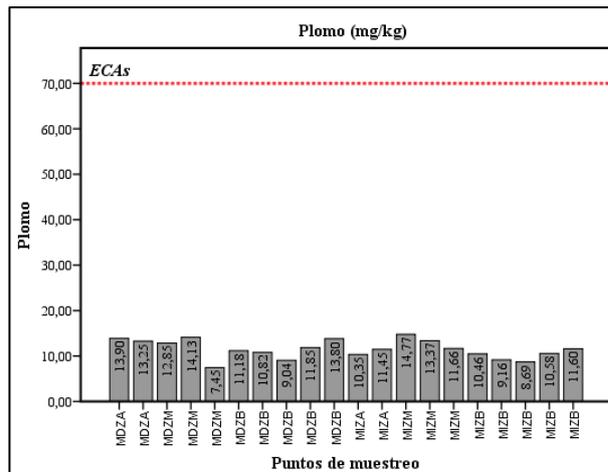


Figura 5. Concentraciones de bario en las 20 muestras

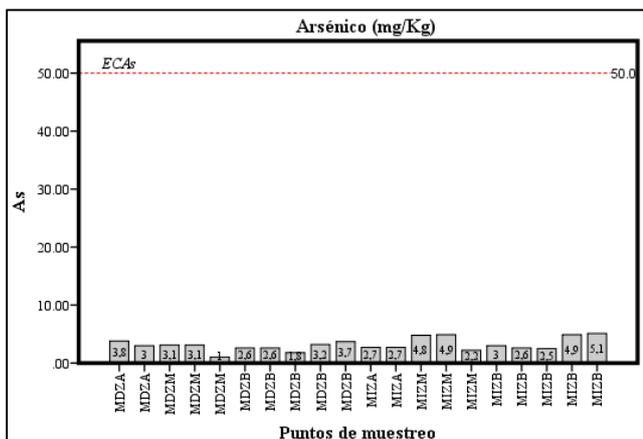


Figura 6. Concentraciones de cadmio en las 20 muestras

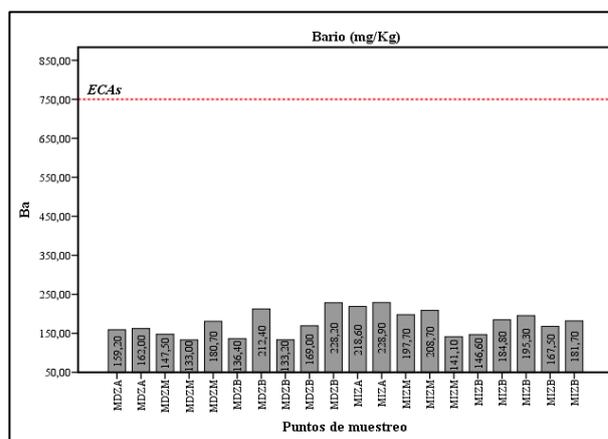


Figura 7. Concentraciones de plomo en las 20 muestras

En los diagramas de barras se muestran los contenidos de As, Ba, Cd y Pb de las 20 muestras de suelo arrocero analizados; en donde las concentraciones de As, Ba y Pb están por debajo de los niveles de referencia establecidos en la normativa peruana, siendo el contenido de Cd el único elemento metálico que supera el ECA para suelo. En la Tabla 5 se muestran los niveles de referencia para As, Ba, Cd y Pb.

Tabla 5. Niveles de referencia de As, Ba, Cd y Pb establecido en los ECA para suelo

Metales (mg/kg)	Niveles de referencia (suelo agrícola)
Arsénico	50
Bario	750
Cadmio	1.4
Plomo	70

3. Discusión

Los parámetros fisicoquímicos del suelo muestran un pH que varía de 7.94 a 8.28, con un promedio de 8.08 (moderadamente alcalinos); los valores coinciden con estudios similares (Heros, 2019), indicando pH promedio de 8.00. Así mismo difiere con Raymundo (2011), quien indica pH promedio de 6.20, teniendo en cuenta que el valor de pH óptimo para el desarrollo de las plantas de arroz es de 6.60 (Franquet y Borrás, 2004).

Los valores de la Conductividad Eléctrica varían de 0.40 a 0.76 dS/m con un promedio de 0.59 dS/m, y coinciden con el resultado de la C.E de Chingay (2016), que documenta valores < 2 dS/m e indica suelos arroceros muy ligeramente salinos (< 2 dS/m). Así mismo, Flores (1991) registra que los cultivos de arroz resisten a la salinidad hasta un valor máximo de 3.80 dS/m, y por encima de este valor, los suelos presentarán daños de carácter osmótico sobre las plantas de arroz, puesto que al aumentar la salinidad del suelo se dificulta la absorción radicular de agua y nutrientes (Aguilar et al., 2016). Por otro lado, el aumento de la salinidad puede incrementar la movilización de metales (Galán y Romero, 2008).

El porcentaje de Materia Orgánica en los suelos estudiados presenta un promedio de 2.54%, y guarda cercana relación con el porcentaje de M.O registrada por Raymundo (2011) (M.O = 2.80%); los resultados obtenidos indican que los suelos arroceros presentan un contenido medio de materia orgánica en un rango de 2 a 5%, tal y como lo clasifica Molina (2002), suelos con menos de 2% de materia orgánica tienen bajo contenido, y de 2 a 5% es un contenido medio, siendo deseable que el valor sea superior a 5%.

Los suelos agrícolas arroceros periurbanos en ambos márgenes del río Utcubamba tienen una CIC de 27.81 meq/100g, indicando que los suelos del área de estudio están en un nivel medio de CIC. Gachetá (2017), considera que el parámetro ideal de CIC en un suelo agrícola es de 35 meq/100g, y los suelos que superen este valor podrían generar problemas de

encalado y dificultad para administrar fertilizantes; sin embargo, cuando la CIC se ubica entre 5 y 15 meq/100g se trata de arenas o arcillas que no retienen los nutrientes necesarios, es decir son tierras poco fértiles. Finalmente, García y Dorronsoro (2005) señalan que cuanto mayor sea la capacidad de intercambio catiónico, mayor será la capacidad del suelo para fijar metales.

Los suelos agrícolas arroceros estudiados presentan un mayor porcentaje de arcilla, seguido de arena y limo, con valores promedios de 43.40%; 39.80% y 16.80% respectivamente. Hernán (1999), indica que los suelos ideales para el cultivo de arroz son aquellos con textura arcillosa, arcillo arenosa o arcillo limosa y, por el contrario, en relación a los suelos arenosos, estos no son aconsejables, puesto que tienen poca capacidad para retener agua y producen pérdida de nutrientes por lavado. Por otro lado, los suelos arcillosos retienen mayor cantidad de metales por adsorción, mientras que los suelos arenosos carecen de capacidad de fijación y puede contaminarse el nivel freático (Galán y Romero, 2008).

Un total de 31 metales fueron analizados en el área, de ellos el Ca, Mg K y P son considerados elementos esenciales (macronutrientes) requeridos por las plantas en altas concentraciones (Kirkby y Romheld, 2008); y el Fe, Na, Mn y Zn son micronutrientes que las plantas requieren en proporciones muy pequeñas (Azpilicueta et al., 2010). Las plantas de arroz se cultivan bajo condiciones de inundación, esto permite que los metales sean absorbidos fácilmente por su raíz y acumulados en la planta (Huiracocha, 2018); además, la absorción de los macronutrientes por la planta está condicionada también por las propiedades del suelo, por la cantidad de fertilizantes aplicados, por la variedad de arroz cultivado, por el sistema de cultivo y por las condiciones ecológicas (Ramanathan y Krishnamoorthy, 1973).

En el área también se evaluó el contenido de As; este metal pesado está presente en los suelos de los arrozales por actividades antropogénicas, tales como el uso de plaguicidas organoarsenicales durante el cultivo (Acosta et al., 2013). Las concentraciones de As varía de 1.00 a 5.10 mg.kg⁻¹, con un promedio de 3.17 mg.kg⁻¹; estos resultados guardan relación con los valores obtenidos por Tineo y Viera (2019), donde encontraron que la concentración media de arsénico en los suelos arroceros es de 8.63 mg.kg⁻¹; indicando que la presencia de arsénico en los suelos arroceros de ambos casos estudiados no han sido alterados por el

hombre, debido a que las concentraciones obtenidas están comprendidas entre 1 y 40 mg.kg⁻¹ (Mahimairaja et al., 2005).

En cuanto al contenido de Cd los valores varían de 1.36 y 3.24 mg.kg⁻¹, con un promedio de 2.26 mg.kg⁻¹, y el contenido de plomo varía entre 7.45 y 14.77 mg.kg⁻¹, con un promedio de 11.52 mg.kg⁻¹ en el área de estudio. Los contenidos de Cd y Pb no coinciden con los resultados obtenidos en los suelos arroceros de Tumbes-Perú, donde los valores promedios son de 0.89 y 40.95 mg.kg⁻¹ respectivamente (Tineo y Viera, 2019).

El cadmio (Cd) es un metal pesado tóxico y ocurre en los suelos ya sea en forma natural, por contaminación con aguas residuales industriales o por el uso de fertilizantes y abonos orgánicos contaminados (Ramírez et al., 2015). En la presente investigación se determinó que este metal supera los Estándares de Calidad Ambiental para suelos; sin embargo, es necesario que en futuras investigaciones se evalúe los orígenes del cadmio en los suelos arroceros y su efecto en el arroz.

Conclusiones

En los suelos agrícolas arroceros periurbanos de Utcubamba se identificó un pH promedio de 8.08 (moderadamente alcalinos). Así mismo, el área de estudio no presentó problemas de salinidad (C.E = 0.59 dS/m). El porcentaje promedio de M.O fue de 2.54% y de la C.I.C de 27.80 meq/100, indicando suelos adecuados para su uso agrícola. En relación al análisis mecánico los suelos agrícolas arroceros periurbanos estudiados, presentaron porcentajes promedios de 43.40%, 39.80% y 16.80% para arcilla, arena y limo respectivamente.

En el área de estudio los contenidos totales de metales, mostraron el siguiente orden: Al > Ba > Sr > Ti > V > Ce > Pb > Ni > Cr > Li > As > Cd > Sn > Be > Sb > Hg. Del mismo modo, se registraron altos contenidos de macronutrientes (Ca, Mg, K y P) y micronutrientes (Fe, Na, Mn y Zn), y en menores concentraciones Cu, Co, B y Mo. Así mismo, el Se, Ag y Tl presentaron valores por debajo del Límite de Detección del Método (LDM).

En los suelos agrícolas arroceros periurbanos de Utcubamba, las concentraciones promedios de As, Ba, Hg y Pb fueron de 3.17; 176.63; 0.15 y 11.52 mg.kg⁻¹ respectivamente; dichos resultados se encontraron por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental para suelos (D.S N° 011-2017 MINAM). Sin embargo, el Cd (Cd = 2.26 mg.kg⁻¹ en el área de estudio)

es el único metal que superó el nivel de referencia establecido en la normativa peruana (ECAs para Cd =1.4mg.kg⁻¹).

Referencias

Acosta, N., Carrascal, A., Correa, D., Otálvaro, A., Reyes, H., Sánchez I., y Taborda, G. (2013). Perfil de riesgo de arsénico en arroz en Colombia. 1ª ed. Bogotá. 119 pp.

Aguilar, M., Fernández, J., Aguilar, M., y Ortiz, C. (2016). Respuesta Agronómica del Arroz al Riego Salino en Distintas Fases del Cultivo. Sevilla-España. 25 pp.

Albujar, E. (2018). Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2017. Recuperado de http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario-produccion-agricola-2017_171218_0.pdf

Azpilicueta, C., Pena, L., y Gallego, S. (2010). Los metales y las plantas: entre la nutrición y la toxicidad. *Ciencia Hoy*, 20(116), 12-16.

Chingay, J. (2016). Incidencia y severidad del amarillamiento de *Oryza sativa* L. en Guadalupe - La Libertad (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo. La Libertad-Perú.

Delince, W., Valdés, R., López, O., Guridi, F., y Balbí, M.I. (2015). Riesgo agroambiental por metales pesados en suelos con Cultivares de *Oryza sativa* L y *Solanum tuberosum* L. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(1), 44-50.

Flores, A. (1991). Suelos salinos y Sódicos. Instituto Superior de Ciencias Agrarias de la Habana, Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos Yriego. La Habana

Franquet, J., y Borrás, C. (2004). Variedades y mejora del arroz (*Oryza sativa* L.). 1a ed. Barcelona. 454 pp.

Gachetá, C. (2017). La importancia de conocer la capacidad de intercambio catiónico del suelo. Colombia.

Galán, E., y Romero, A. (2008). Contaminación de suelos por metales pesados. *Revista de la sociedad española de mineralogía*, 48-60.

García, C., Moreno, J. L., Hernández, T., y Polo, A. (2002). Metales pesados y sus implicaciones en la calidad del suelo. *Ciencia y Medio Ambiente*, 125-138.

García, I., y Dorransoro, C. (2005). Contaminación por Metales Pesados. Recuperado de <http://edafologia.ugr.es/conta/tema15/introd.htm#anchor1054486>

Gómez, G. C. (2008). Mundo: Lo que no se dice del arroz. *Servindi*, 20 (1), 1-10.

Hernán, J. (1999). Conferencia 74: Fertilización del cultivo del arroz (*Oryza sativa*).

Heros, E. (2019). Alternativas tecnológicas para contribuir a la sustentabilidad del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el Perú (Tesis de postgrado). Universidad Nacional Agraria la Molina. Perú.

Huiracocha, J. (2018). Evaluación del riesgo toxicológico por cadmio y plomo en granos de arroz (*Oryza sativa*) comercializados en la ciudad de Cuenca (Tesis de postgrado). Universidad de Cuenca. Ecuador.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2013). Resultados definitivos. IV Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO) 2012.

Kelepertzis, E. (2014). Accumulation of heavy metals in agricultural soils of Mediterranean: Insights from Argolida basin, Peloponnese, Greece. *Geoderma*, 221–222, 82–90.

Kirkby, E. y Romheld, V. (2008). Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. *The International Fertilizer Society*, 68.

Llonto, Y. (2015). Enfoque Microeconómico del Cultivo de Arroz. Problema y Desafíos. Lambayeque – Perú.

Mahecha, J. D., Trujillo, J. M., y Torres, M. A. (2015). Contenido de metales pesados en suelos agrícolas de la región del Ariari, Departamento del Meta. *Orinoquia*, 19(1), 118-122.

Mahimairaja, S., Bolan, N., Adriano, D., y Robinson, B. (2005). Arsenic contamination and its risk management in complex environmental settings. *Advances in Agronomy*, 86, 1-82.

Marín L., J., & Ferrer, L. (2020). Basura marina en la costa Oeste de la Bahía de Amuay, estado Falcón (Venezuela). *Revista Latinoamericana De Difusión Científica*, 2 (2), 6-21. <https://doi.org/10.38186/difcie.22.03>

Micó, C. (2005). Estudio de Metales Pesados en Suelos Agrícolas con Cultivos Hortícolas de la Provincia de Alicante (Tesis doctoral). Universitat de Valencia. Valencia, España.

Moreno, M., Pirela, H., Medina, M., Molina, N., Polo, V., & Urdaneta, M. (2013). Evaluación de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos cultivados con cacao (*Theobroma Cacao* L.) en la Sierra de Perijá. *Revista De La Universidad Del Zulia*, 4(8), 8-28. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rluz/article/view/31107>

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2019). Informe: IV Censo Nacional de Arroz en Molinos, Almacenes y Comercios Mayoristas 2019. Lima – Perú.

Molina, E. (2002). Análisis de suelos y su interpretación. Centro de Investigaciones Agronómicas–Universidad de Costa Rica, 1-8 pp.

Peralta, J. R., Lopez, M. L., Narayan, M., Saupe, G., y Gardea, J. (2009). The biochemistry of environmental heavy metal uptake by plants: Implications for the food chain. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 41, 1665–1677.

Prieto, J., Gonzales, C. A., Román, A. D., y Prieto, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29-44.

Ramanathan, K., y Krishnamoorthy, M. (1973). Nutrient uptake by paddy during the main three stages of growth. *Plant and soil*, 39, 29-33.

Ramírez, R., Subero, N., Sequera, O., y Parra, J. (2015). Contenido de cadmio en arroz (*Oryza sativa* L.) y en suelos fertilizados con fosfatos por un periodo entre 5 y 51 años. *Rev. Fac. Agron. (UCV)*, 41 (1), 43-48.

Raymundo, J. (2011). Efecto de cinco fungicidas sistémicos en el control del quemado (*Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc.) del cultivo de arroz (*Oryza saliva* L.) “Capirona”, en Cachicoto (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María-Perú.

Rueda, G., Rodríguez, J. A., y Madriñán, R. (2011). Metodologías para establecer valores de referencia de metales pesados en suelos agrícolas: Perspectivas para Colombia. *Acta Agronómica*, 60(3), 203-218.

Sharafati, F., Rafieian, M., y Sharafati, R. (2016). A review of heavy metals in rice (*Oryza sativa*) of Iran. *Toxin Reviews*, 1-7. DOI: 10.1080/15569543.2016.1252932.

Tineo, B y Viera, R. (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 (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Tumbes. Perú.