

# Evaluación de la contaminación por metales pesados en suelos agrícolas del Municipio de Bonao, Provincia Monseñor Nouel

Natividad Alberto<sup>1,2</sup>, Ramón Delanoy<sup>2</sup>, Oscar Díaz<sup>3</sup>

Lizaira V Bello<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC)

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD)

<sup>3</sup> Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas de la Universidad de La Habana (InSTEC-UH)



## INTRODUCCIÓN

La contaminación de los suelos agrícolas por metales pesados representa una problemática a nivel mundial, debido a su toxicidad y a su capacidad de acumularse en el medio ambiente e incorporarse a la cadena alimentaria. Los metales pesados pueden ser liberados al suelo por fuentes naturales o por actividades antropogénicas (He et al. 2015; Gebeyehu y Bayissa 2020). Por tanto, la salud humana puede ser afectada por el consumo de cereales, frutas, verduras y alimentos de origen animal que puedan estar contaminados por metales pesados (Ali y Khan 2019; Brevik et al. 2020). Actualmente, existen escasos estudios realizados sobre la determinación y monitoreo de los niveles de metales pesados en suelos agrícolas en la República Dominicana. Debido a que el arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los principales cultivos agrícolas en la República Dominicana, con un consumo local de arroz estimado en 620,000 TM y per cápita de aproximadamente 50 Kg/año (USDA 2022), es de gran importancia el estudio y la evaluación del contenido de los metales pesados, sus distribuciones espaciales y el estatus de contaminación de los suelos agrícolas en una de las provincias productoras de arroz ubicada en el Municipio de Bonao, República Dominicana, siendo objeto de estudio en este proyecto de investigación.

## OBJETIVO

El objetivo principal de este proyecto de investigación es evaluar la contaminación de metales pesados en suelos dedicados a la producción de arroz, ubicados en el municipio de Bonao, República Dominicana.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio está localizada en el municipio de Bonao, provincia Monseñor Nouel, en la región Norte de la República Dominicana, localizada entre 18°53' de latitud Norte y 70°22' de longitud Oeste, con una superficie geográfica total de 5.4 Km<sup>2</sup>. Esta zona se dedica al cultivo intensivo de arroz desde hace más de 30 años y se encuentra cerca de una mina de ferromanganeso activa y junto a una autopista de alto tránsito, como se muestra en la Figura 1.

Un total de 30 muestras de suelos superficiales fueron recolectadas a una profundidad de 0 a 30 cm en tierras cultivadas con una distancia de alrededor de 300 m. Las muestras se secaron al aire durante varios días (25-30°C), se eliminaron las impurezas, y luego fueron trituradas en un mortero de ágata, tamizadas a 2 mm y se almacenaron en frascos de polietileno a temperatura ambiente. El pH de las muestras de suelo se midieron en una suspensión de agua en proporción 1:2. El contenido de materia orgánica (MO) se determinó siguiendo el método de Walkley y Black. Para el análisis de metales pesados, las muestras se secaron a 105°C durante 24 h, se trituraron con un mortero de ágata y fueron tamizadas a 0.2 mm. Se prepararon pastillas de 2.0 cm de diámetro con muestras de 3.0 g aplicando una presión de 15 ton/cm<sup>2</sup>. Las concentraciones totales de Fe, Mn, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb y As se midieron mediante la técnica Fluorescencia de Rayos X por Energía Dispersiva (EDXRF). La distribución espacial de las concentraciones de metales pesados en suelos agrícolas fue realizada con Grapher 8 utilizando Kriging ordinario.

La evaluación de la contaminación de los metales pesados fue determinada utilizando diferentes índices de contaminación como: el índice de contaminación (IC), el índice de riesgo ecológico potencial (IREP) y el factor de enriquecimiento (FE).

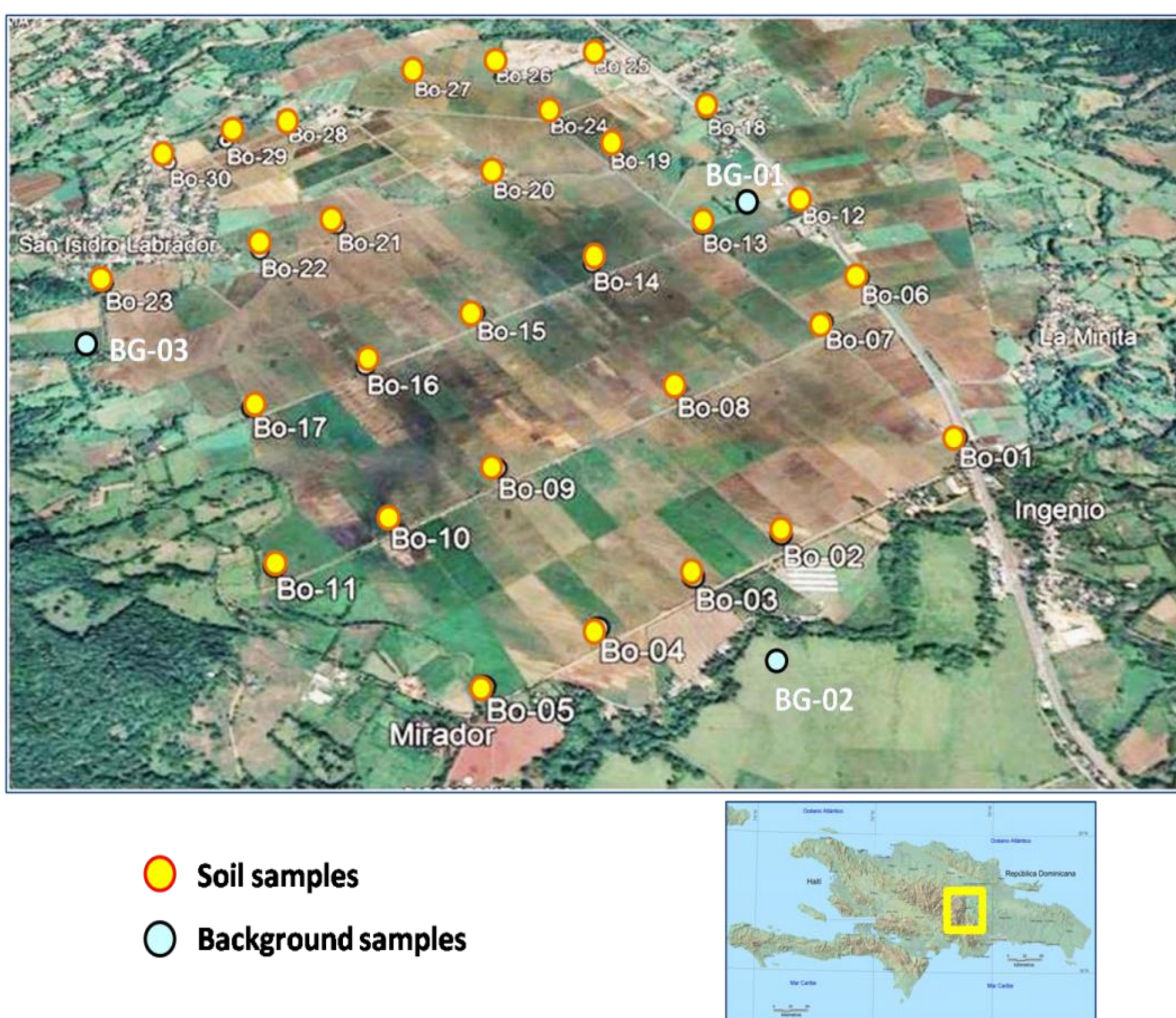


Figura 1 Localización del área de estudio y de los puntos de muestreo en la zona de Bonao, República Dominicana.

## RESULTADOS

Las propiedades fisicoquímicas obtenidas de las muestras de suelo se muestran en la tabla 1. El pH del suelo varió entre 4.8 y 6.7 con un valor promedio de 5.8, lo que indica una ligera acidez. La conductividad eléctrica (CE) varió entre 0.1 y 0.6 (mS/cm), indicando que la salinidad del suelo es baja. El contenido de materia orgánica (MO) osciló entre 2.6% y 13.4% con un valor promedio de 5.2%. El coeficiente de intercambio catiónico (CIC) varió entre 3.8 y 21.2 meq/100 g con un valor promedio de 12.1 meq/100 g. La textura del suelo tiene un contenido de limo, arcilla y arena en los rangos de 16.7-41.3 %, 8.2-50.2 %, y 18.5-73.2 %, respectivamente. En la zona de estudio predominan los suelos arcillosos.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas en suelos agrícolas de Bonao, República Dominicana.

Parámetros	Min	Max	Promedio ± DS*	
pH (1:2)	4.8	6.7	5.8 ± 0.4	
Conductividad Eléctrica (mS/cm)	0.1	0.6	0.2 ± 0.1	
Materia Orgánica (%)	2.6	13.4	5.2 ± 1.9	
Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100g)	3.8	21.2	12.1 ± 4.5	
Textura del suelo	% Limo	16.7	41.3	30.4 ± 5.9
	% Arena	8.2	50.2	35.4 ± 8.5
	% Arcilla	18.5	73.2	33.6 ± 10.3
Clase textural	Arcilloso			

\*DS desviación estándar

La Tabla 2 resume las estadísticas descriptivas relacionadas con las concentraciones totales de metales pesados en las muestras de los suelos agrícolas y los valores de fondo locales. Los contenidos promedios de metales pesados en la superficie del suelo fueron 102,577; 2,040; 347; 36; 92; 32; 10 y 4.2 mg.kg<sup>-1</sup> para Fe, Mn, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb y As, respectivamente. Las concentraciones promedios de Fe, Mn, Ni, Cu y As en los suelos superficiales fueron más altas que sus valores de fondo locales correspondientes, lo que indica que el contenido de estos elementos podría haber aumentado debido a actividades antropogénicas.

Tabla 2. Estadística descriptiva de las concentraciones totales de los metales pesados y valores de fondo locales en los suelos agrícolas de Bonao (mg.kg<sup>-1</sup>).

Metal pesado	Min	Max	Promedio ± DS*	Valor del fondo local ± SD*	FAO <sup>b</sup>	Kabata-Pendias <sup>b</sup>
Fe	57800	157700	102,577 ± 25,569	71,000 ± 60,200	-	-
Mn	400	5300	2,040 ± 1014	1900 ± 500	< 0.01	-
Cr	121	843	347 ± 164	354 ± 22	70	50-200
Cu	8	185	36 ± 44	23 ± 10	30	60-150
Ni	2	332	92 ± 93	58 ± 2	50	20-60
Zn	2	121	32 ± 30	35 ± 18	90	1-300
Pb	< 0.1	59	10 ± 17	12 ± 9	35	20-300
As	3.6	5.0	4.2 ± 0.4	< 0.1	-	1.5-3

\*DS desviación estándar

a: Valores máximos de las concentraciones de los metales pesados para suelos agrícolas saludables de acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (Rodríguez Eugenio et al., 2019)

b: Rango normal de las concentraciones de los metales pesados para suelos agrícolas (Kabata-Pendias, 2010)

Debido a la falta de normas oficiales para concentraciones saludables de metales en suelos agrícolas en la República Dominicana, las concentraciones promedios de los diferentes metales pesados se compararon con los niveles máximos de metales pesados para suelos agrícolas saludables establecidos por la FAO, y por el rango normal de concentraciones introducido por Kabata-Pendias. Las concentraciones promedios de Zn y Pb son inferiores a los valores máximos dados por la FAO y están dentro del rango normal de concentraciones dado por Kabata-Pendias. Sin embargo, las concentraciones promedias de Mn, Cr, Cu y Ni son superiores a los valores máximos dados por la FAO. La concentración promedio de As en el área de estudio es mayor que el rango normal de dado por Kabata-Pendias y similar a lo informado por Delanoy et al., 2022, en dos áreas agrícolas diferentes de la República Dominicana.

La distribución espacial de la concentración de Cr, Cu, Ni, Pb, Zn y As se muestra en la Figura 2. El patrón de distribución de cada metal individual es diferente, lo que indica que tienen diferentes fuentes de origen.

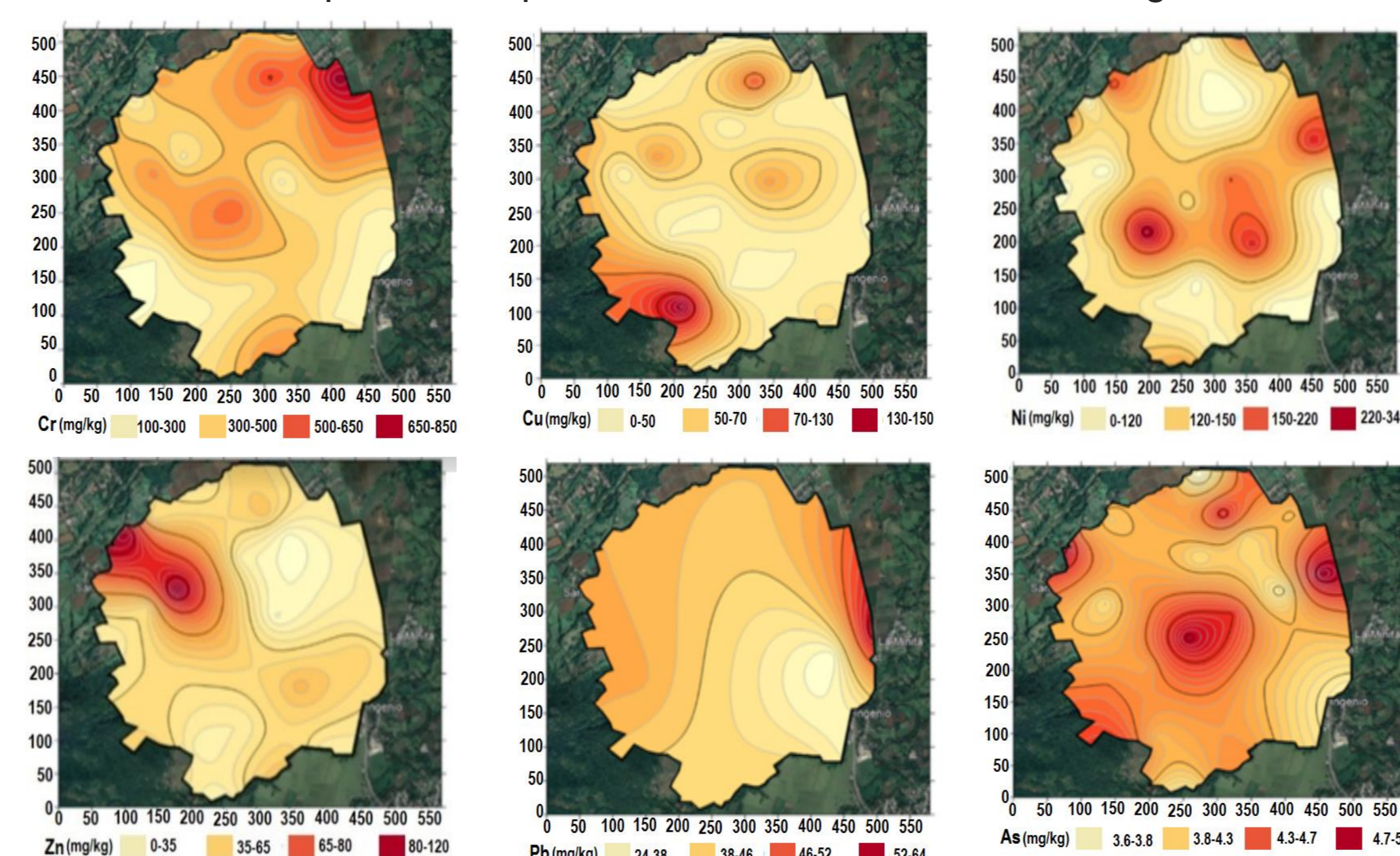


Figura 2. Distribución espacial de las concentraciones de Cr, Cu, Ni, Zn, Pb y As en los suelos agrícolas de Bonao, República Dominicana.

El índice de contaminación (IC), el índice de riesgo ecológico potencial (IREP) y el factor de enriquecimiento (FE) del área de estudio se presentan en la Tabla 3. Los valores de IC calculados para Mn, Ni, Cu y As indicaron un nivel de contaminación moderado ( $1 \leq PI < 3$ ), mientras que para Cr, Zn y Pb mostraron una contaminación baja ( $PI < 1$ ). Los valores promedios de la FE para Mn, Cr, Ni, Cu y Zn mostraron un enriquecimiento mínimo ( $FE < 2$ ), mientras que para Pb y As no mostraron enriquecimiento ( $0 < FE < 1$ ). Asimismo, los valores promedios de IREP obtenidos para todos los metales pesados indicaron que el riesgo ecológico es bajo ( $RI < 150$ ). Los hallazgos del presente estudio mostraron que la contaminación por metales pesados en los suelos superficiales de Bonao son de bajo a moderado.

Tabla 3. Índice de contaminación (IC), índice de riesgo ecológico potencial (IREP) y el factor de enriquecimiento (FE) de los metales pesados en los suelos de Bonao, República Dominicana.

Metal pesado	Índice de Contaminación (IC)			Factor de Enriquecimiento (FE)			Índice de Riesgo Ecológico Potencial (IREP)		
	Min	Max	Promedio ± DS	Min	Max	Promedio ± DS	Min	Max	Promedio ± DS
Mn	0.2	2.8	1.1 ± 0.5	0.3	2.3	1.1 ± 0.5	0.2	2.8	1.1 ± 0.5
Cr	0.3	2.4	1.0 ± 0.5	0.3	2.8	1.1 ± 0.6	0.7	4.8	2.0 ± 0.9
Cu	0.3	8.2	1.6 ± 1.9	0.3	11.0	2.0 ± 2.6	0.3	8.2	1.6 ± 2.0
Ni	0.03	5.6	1.6 ± 1.6	0.03	7.6	1.9 ± 2.0	0.2	28.0	7.8 ± 7.8
Zn	0.1	3.5	0.9 ± 0.8	0.05	5.8	1.1 ± 1.1	0.1	3.5	0.9 ± 0.9
Pb	0.0	4.8	0.8 ± 1.4	0.05	5.6	0.7 ± 1.5	0.0	24.0	3.9 ± 7.0
As	0.90	1.25	1.06 ± 0.09	0.04	5.7	0.8 ± 1.4	9.0	12.5	10.6 ± 0.9

\*DS desviación estándar

## CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio revelaron la presencia de Fe, Mn, Cr, Ni, Cu, Zn, Pb y As en suelos cultivados de arroz en Bonao, República Dominicana. Las concentraciones promedios están en el orden  $Fe > Mn > Cr > Ni > Cu > Zn > Pb > As$ . El patrón de distribución de cada metal individual es diferente, lo que indica que probablemente tengan diferentes fuentes de origen. Los resultados de los índices de contaminación indicaron que los suelos del área de estudio están moderadamente contaminados por Mn, Ni, Cu y As. Por otro lado, los resultados de la evaluación del riesgo ecológico potencial utilizando los valores de fondo locales como referencia indicaron un estado de riesgo bajo. Para futuros estudios, recomendamos utilizar una técnica analítica más sensible para la determinación de concentraciones de Cadmio y Mercurio.

## REFERENCIAS

- Ali H, Khan E (2019) Trophic transfer, bioaccumulation, and biomagnification of non-essential hazardous heavy metals and metalloids in food chains/webs—Concepts and implications for wildlife and human health. *Hum. Ecol. Risk Assess.* 25:1353–1376
- Baltas H, Sirin M, Gökbayrak E, Özcelik AE (2020) A case study on pollution and a human health risk assessment of heavy metals in agricultural soils around Sinop province, Turkey. *Chemosphere* 241:125015. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125015>
- Delanoy R, Espinosa CM, Herrera Y (2022a) Heavy Metals in the Northwest Agricultural Region Dominican Republic. *J Geosci Environ Prot* 10:16–24. <https://doi.org/10.4236/gep.2022.105002>
- Díaz Rizo O, Echeverría Castillo F, Arado López JO, Hernández Merlo M (2011) Assessment of heavy metal pollution in urban soils of Havana city, Cuba. *Bull Environ Contam Toxicol* 87:414–419. <https://doi.org/10.1007/s00128-011-0378-9>
- Guo B, Hong C, Tong W, et al (2020) Health risk assessment of heavy metal pollution in a soil-rice system: a case study in the Jin-Qu Basin of China. *Sci Rep* 10:1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68295-6>
- Gebeyehu HR, Bayissa LD (2020) Levels of heavy metals in soil and vegetables and associated health risks in Mojo area, Ethiopia. *PLoS One* 15:e0227883. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227883>
- Hakanson L (1980) An ecological risk index for aquatic pollution control: a sedimentological approach. *Water Res* 14:975–1001. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(80\)90143-8](https://doi.org/10.1016/0043-1354(80)90143-8)
- He Z, Shentu, Yang X, et al (2015) Heavy Metal Contamination of Soils: Sources, Indicators, and Assessment. *J Environ Indic* 9:17–18
- Kabata-Pendias A (2010) Trace elements in soils and plants: Fourth edition. CRC Press
- Pastor J, Alexis S, Vizcayno C, Hernández AJ (2010) Estudio de la fertilidad y de los metales pesados en suelos de agroecosistemas tropicales de una zona transfronteriza de la República Dominicana-Haití. *Rev Ciencias Agrarias* 33:150–162. <https://doi.org/10.19084/rca.15778>
- USDA (2022) DR Rice Snapshot Record High Production Higher Retail Prices and Trade Updates
- Zhang B, Jia T, Peng S, et al (2022) Spatial distribution, source identification, and risk assessment of heavy metals in the cultivated soil of the Qinghai-Tibet Plateau region: Case study on Huzhou County. *Glob Ecol Conserv* 35:e02073. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02073>

## DATOS DE ESTA INVESTIGACIÓN

Área Académica: Ciencias Básicas y Ambientales

Fuente de financiamiento: [Esta investigación es financiada por el INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SANTO DOMINGO (INTEC) y el MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR, CIENCIA Y TECNOLOGÍA a través del FONDO NACIONAL DE INOVACIÓN Y DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO (FONDOCYT)]

Fondos: RD\$ 5,099,600

Duración del proyecto: [2 AÑOS]

Co-Investigadores: [Natividad Miledy Alberto, Ramón Delanoy y Oscar Díaz Rizo]

Objetivos de Desarrollo Sostenible: [ODS-12; ODS-15]

Palabras claves: [Contaminación de suelos, metales pesados, Bonao, República Dominicana]

Keywords: [soil pollution; heavy metals; Bonao; Dominican Republic]