UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA: INGENIERÍA AGRÍCOLA

TRABAJO DE GRADO DE PRÁCTICA PROFESIONAL POR TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERÍA EN MANEJO DE CUENCAS Y AMBIENTE

INSTITUTO DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA DE PANAMÁ

"EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO CAÑO QUEBRADO"

MAURICIO GARCÍA

CED: 8-887-212

PANAMÁ, PANAMÁ

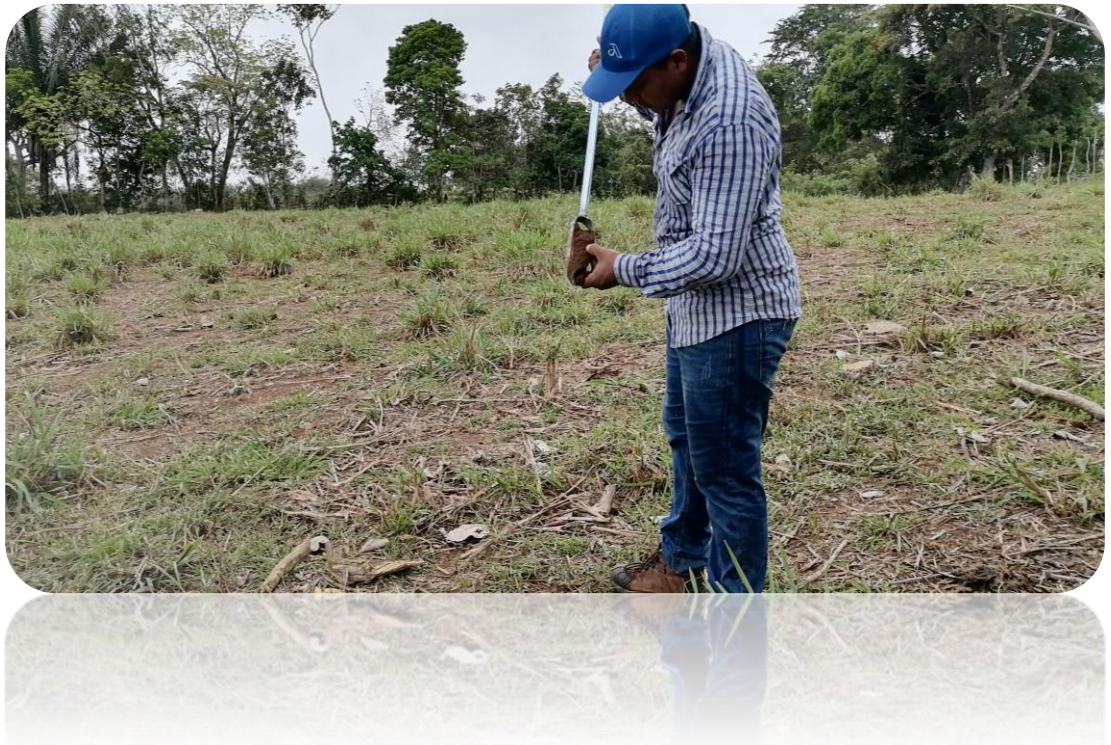
2023

INTRODUCCIÓN

La presencia de altas concentraciones de metales pesados en el suelo, han llevado a tener impactos ambientales negativos, conduciendo a la degradación de la calidad de los suelos. Esta condición, al igual que las técnicas intensivas de abonamientos y preparación tradicional del terreno; son las actividades que provocan las afectaciones en los horizontes del suelo y los componentes que este posee.

JUSTIFICACIÓN

- Dedicados los esfuerzos a realizar esta investigación sobre los metales pesados en el suelo de la subcuenca del Río Caño Quebrado, perteneciente a la cuenca número 115 Río Chagres, la cual tiene una ubicación cercana al lago Gatún.
- En la actualidad se desconoce la concentración de los metales pesados en estos suelos, de modo que, pueden llegar a ser tóxicos para los cultivos, y, por ende, a la población. Además, es importante resaltar el origen de estos metales, ya sea natural o por la aplicación de agroquímicos.



(Fuente: El Autor, 2023)

OBJETIVOS

General

- Evaluar la concentración de metales pesados en suelos de la Subcuenca del Río Caño Quebrado en la Cuenca número 115 del Canal de Panamá.

Específicos

- Seleccionar puntos estratégicos para el muestreo de los suelos, en la parte alta, media y baja de la subcuenca del Río Caño Quebrado.
- Realizar el análisis de las muestras en el laboratorio de suelos del IDIAP-DIVISA, PANAMÁ.
- Analizar los resultados obtenidos en relación con la acumulación de metales pesados.

REVISIÓN LITERARIA

Suelos ultisoles en la República de Panamá

- En Panamá, los suelos Ultisoles son importantes, porque representan a nivel del trópico latinoamericano el 20 por ciento, con una extensión estimada de 320 millones de hectáreas y cubren más del 40 por ciento del territorio nacional (Name *et al.* 2004). Por un lado, los ultisoles predominan en toda la costa atlántica de Colón, Veraguas y Bocas del Toro. También ocupan extensiones del sur de Chiriquí, Veraguas y en la zona central de Panamá y Panamá Oeste.

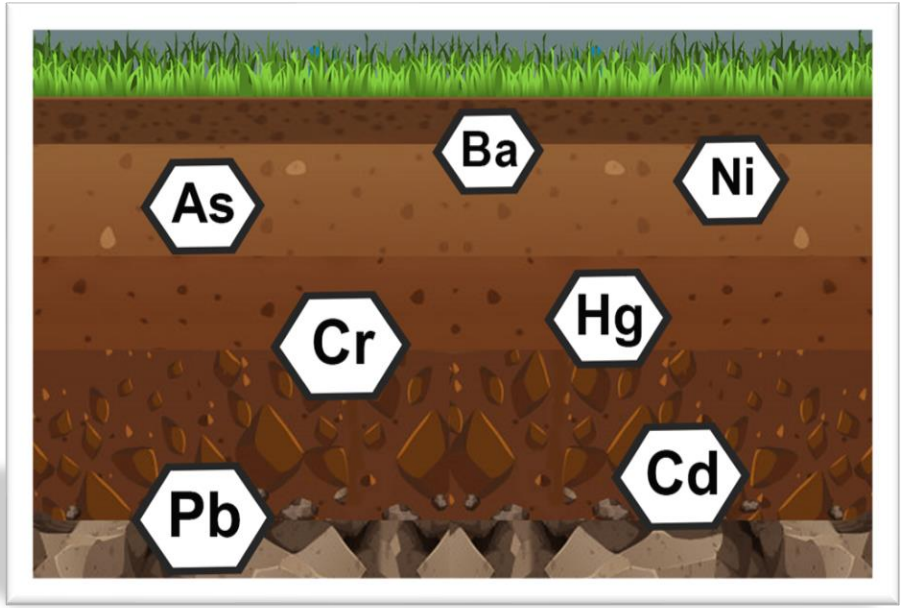
(Fuente: El Autor, 2023)

REVISIÓN LITERARIA

Origen de los metales pesados

Los metales pesados presentes en el suelo considerados tóxicos y en concentraciones que sobrepasan los límites permisibles aceptados son: Plata (Ag), Arsénico (As), Bismuto (Bi), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Paladio (Pd), Platino (Pt), Selenio (Se), Estaño (Sn), y Zinc (Zn).

- **Origen natural**
- **Actividad antrópica**
- **Origen agrícola o pecuario**



Fuente: internet.

REVISIÓN LITERARIA

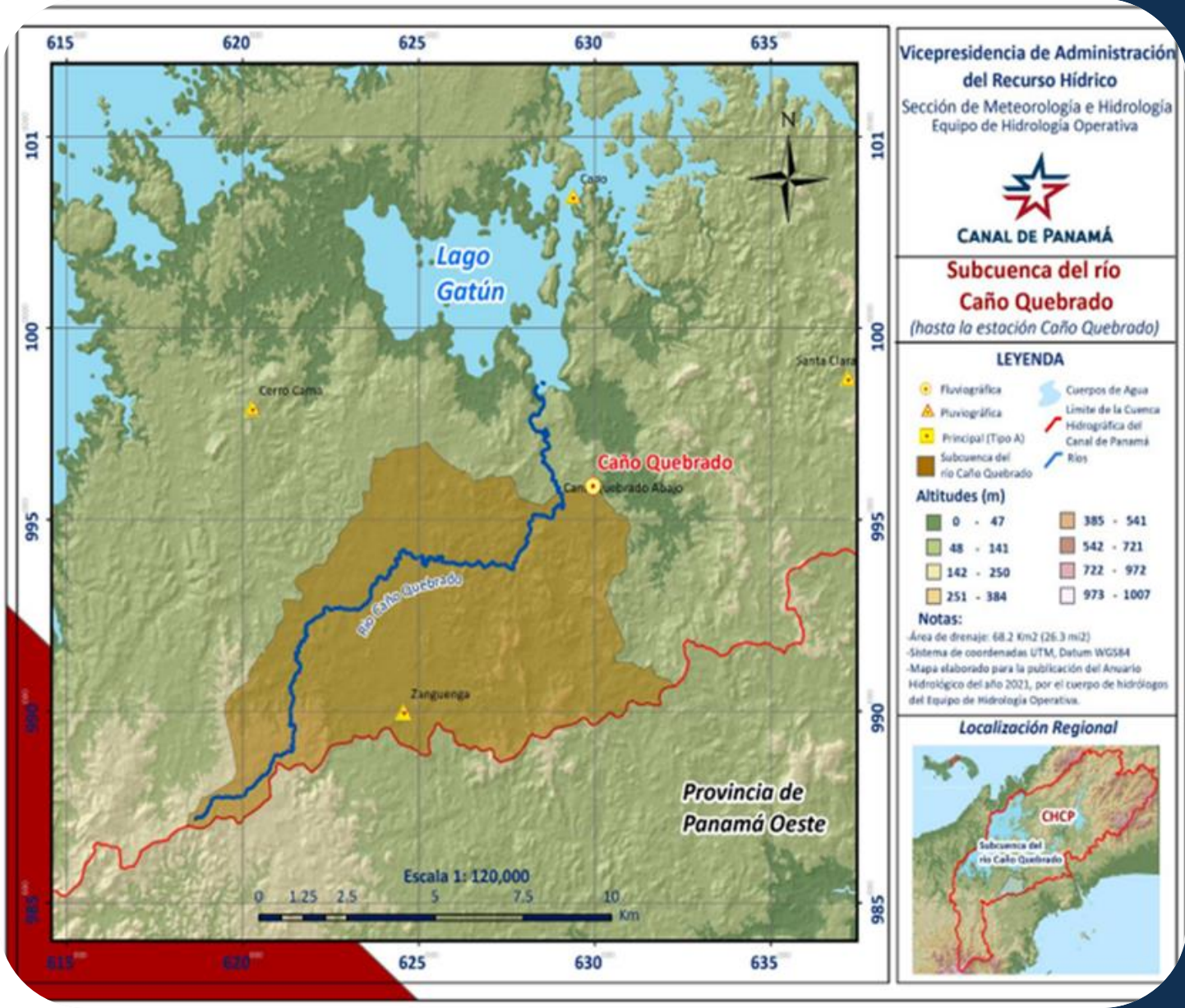
- **Cadmio (Cd):** El cadmio se acumula en los horizontes superficiales de los suelos, pero puede emigrar hasta la capa freática. Su vida media es de 15 a 1 100 años, suponiendo un problema a largo plazo.
- **Cromo (Cr):** El Cr se encuentra de forma natural en todas las rocas, principalmente en las rocas básicas y ultrabásicas. En areniscas y calizas su contenido puede variar entre 100 y 110 mg/kg (Turekian y Wedepohl, 1961, Andreu, 1991).
- **Cobre (Cu):** En el suelo el contenido de Cu, dependerá de la roca madre. Su biodisponibilidad varía según los valores de pH, de materia orgánica y arcilla.
- **Níquel (Ni):** Está presente en todas las rocas, su concentración es mayor en las rocas ultrabásicas, disminuyendo cuanto más ácida sea la roca.

Materiales y Métodos

- **Área de estudio:** El río Caño Quebrado nace a 220 m.s.n.m. en la loma del Zaino, al sureste de la comunidad El Amargo (corregimiento de Iturralde), desde donde recorre un total de 19,67 Km, hasta desembocar en el Lago Gatún.

- Este río tiene un área de drenaje de 7,413.1 hectáreas.

- **Clima:** Bosque Húmedo Tropical (bh-T), temp. 26.5 ºC. ppt. 1,800 a 2,500 mm por año.



Fuente: Anuario hidrológico, ACP, 2022.

Materiales y Métodos

- **Diseño de muestreo:** Los muestreos de suelos fueron tomados en una zona representativa, por el cual se seleccionaron dentro de la subcuenca del Río Caño Quebrado, orden de Bosques, Ganadería (pastos o potreros) y el cultivo de piña y un total de 27 muestras de la parte alta, media y baja de la subcuenca.

(Fuente: El Autor, 2013)

- Punto de muestreo georreferenciadas con GPS, satelital.

Tabla 1 Ubicación geográfica de puntos de muestreo, coordenadas (UTM), parte alta.

Sección de la cuenca	Código de muestra	Lugar	Uso del suelo	Latitud (x) M, N	Longitud (y) M, E	Altura m.s.n.m.
Parte alta	1-MP-BS1-ES	El Amargo	Bosque	619133.59	987819.39	167.55
	2-MP-GS1-ES	El Amargo	Ganadería	618976.31	987829.25	159.35
	3-MP-PS1-ES	El Amargo	Piña	619759.72	987283.65	165.25

Materiales y Métodos

- Muestreo de suelos, consistió en un área de 10x30 metros utilizando el método sistemático o de rejilla a distancias uniforme en zigzag (Mason, 1992), donde se tomaron 15 submuestras a una profundidad de 0-30 cm hasta obtener una muestra compuesta (Valencia y Hernández, 2002).

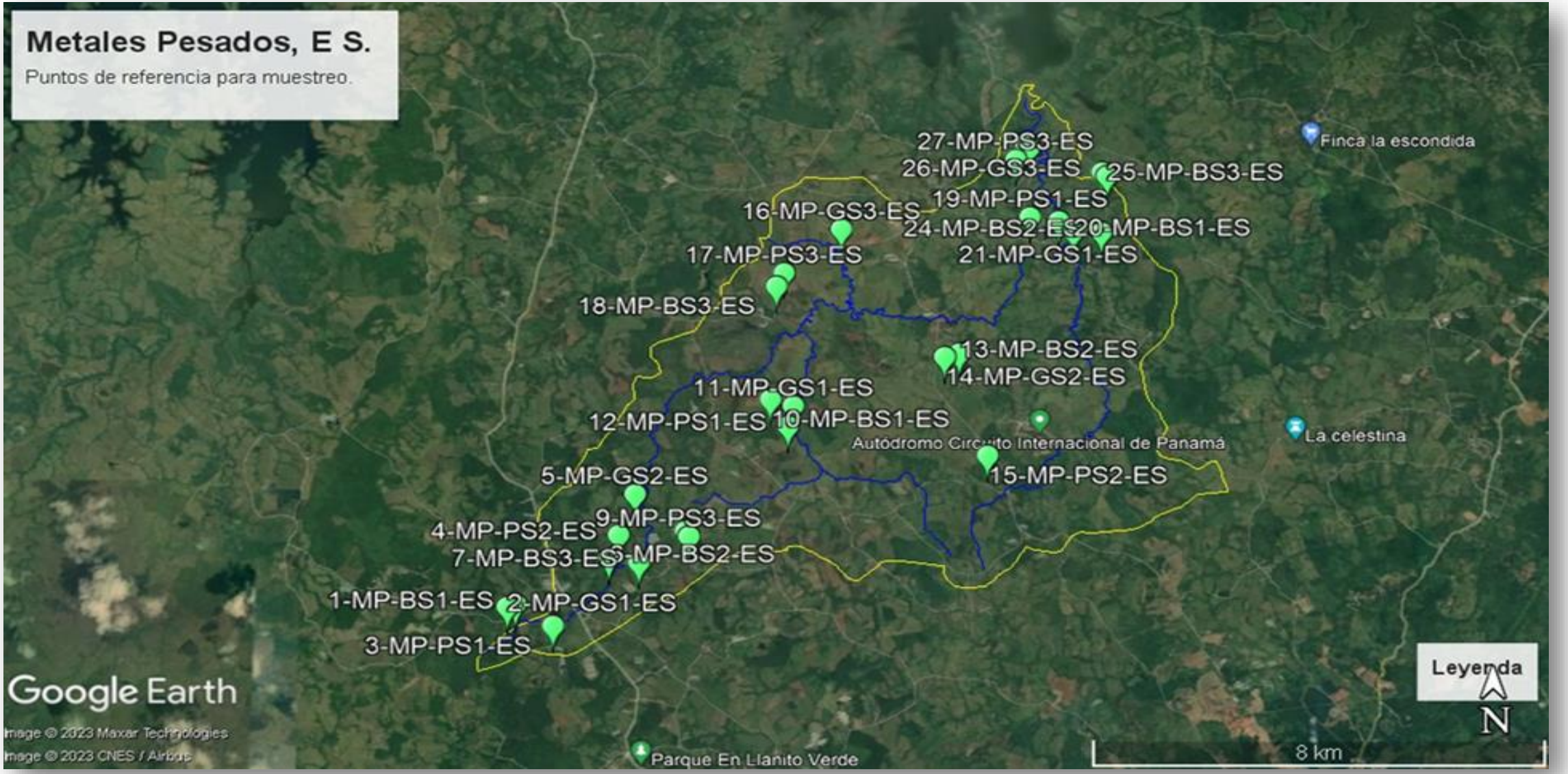
a

a) aleatorio simple.

Fuente: internet.

(Fuente: El Autor, 2023)

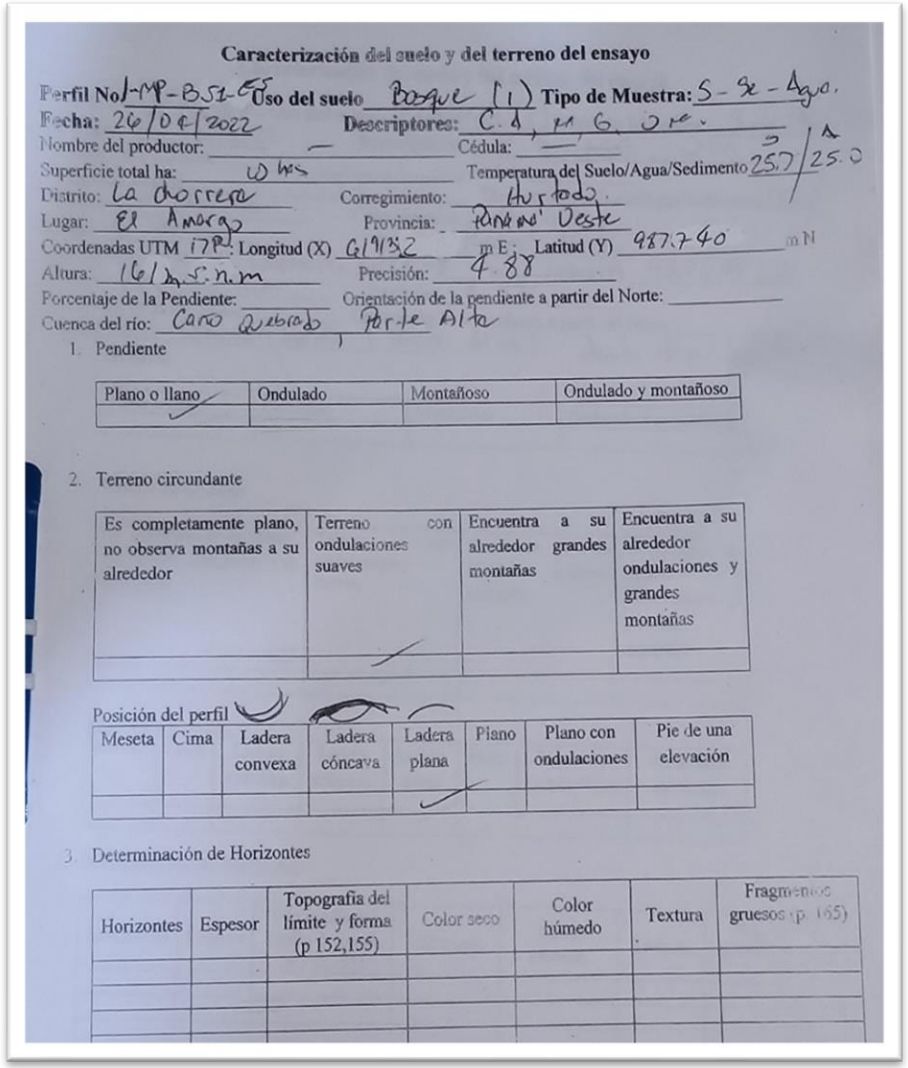
Materiales y Métodos



Delimitación de la subcuenca del Río Caño Quebrado, con el trazo del Río, y con puntos de muestreo para la estación seca (Google Earth, 2023).

Materiales y Métodos

- **Hoja de campo**



Caracterización del suelo y del terreno del ensayo

Perfil No. 1-MP-B.S1-C5 Uso del suelo Bosque (1) Tipo de Muestra: S - Se - Agua.
Fecha: 26/04/2022 Descriptores: C.d, M, G, O.M.
Nombre del productor: — Cédula: —
Superficie total ha: 10 has Temperatura del Suelo/Agua/Sedimento 25.7 / 25.0
Distrito: La Chorrera Corregimiento: Hurtado
Lugar: El Amargo Provincia: Panamá Oeste
Coordenadas UTM 17P: Longitud (X) 619132 m E; Latitud (Y) 987740 m N
Altura: 161 s.n.m Precisión: 4.88
Porcentaje de la Pendiente: Orientación de la pendiente a partir del Norte:
Cuenca del río: Caño Quebrado Parte Alta

1. Pendiente

Plano o llano	Ondulado	Montañoso	Ondulado y montañoso
✓			

2. Terreno circundante

Es completamente plano, no observa montañas a su alrededor	Terreno con ondulaciones suaves	Encuentra a su alrededor grandes montañas	Encuentra a su alrededor ondulaciones y grandes montañas
	✓		

Posición del perfil

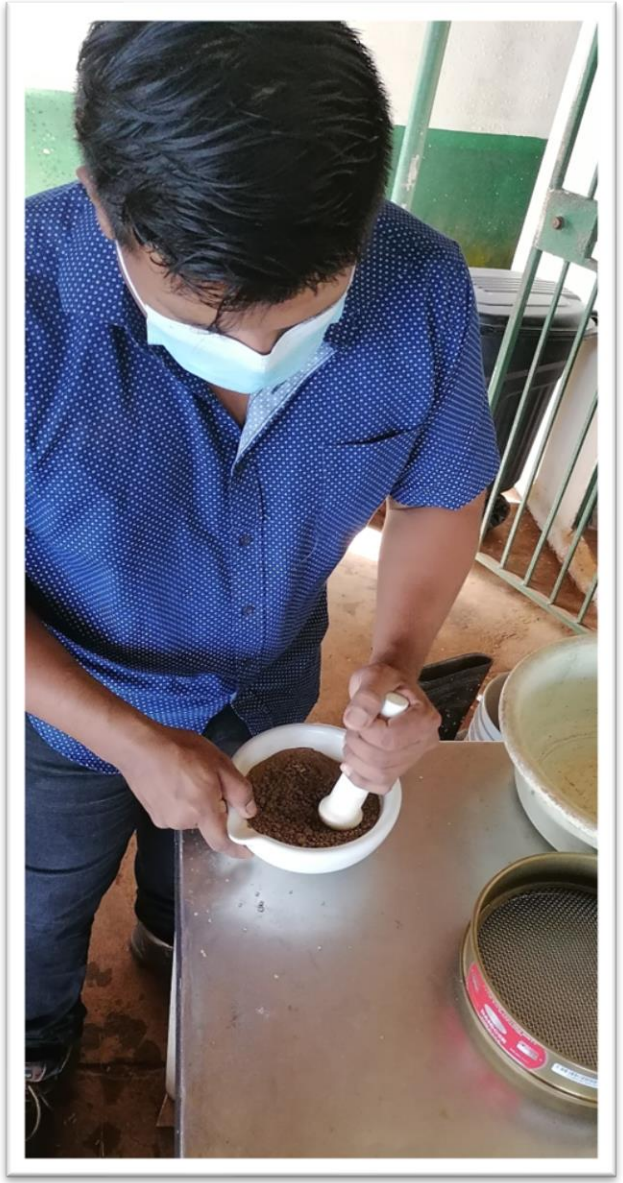
Meseta	Cima	Ladera convexa	Ladera cóncava	Ladera plana	Plano	Plano con ondulaciones	Pie de una elevación
				✓			

3. Determinación de Horizontes

Horizontes	Espesor	Topografía del límite y forma (p 152,155)	Color seco	Color húmedo	Textura	Fragmentos gruesos (p. 165)

(Fuente: El Autor, 2023)

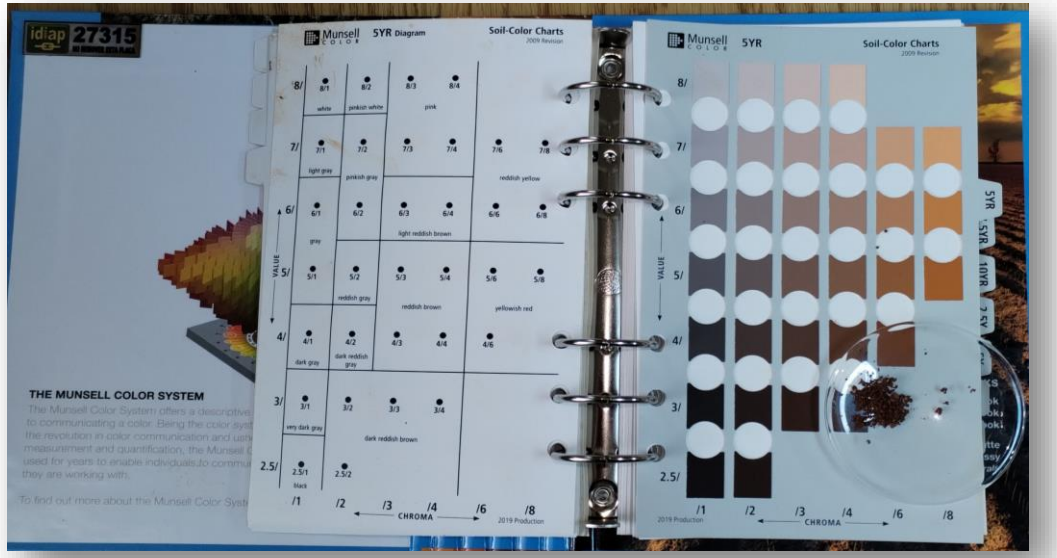
- **Proceso de disgregar o macerar el suelo y empaque.**



Materiales y Métodos

- Muestras de suelo, laboratorio IDIAP-DIVISA

- Cartas Munsell (Munsell SOIL-COLOR CHARTS with genuine Munsell color chips, 2009 Year Revised/2021 Production).

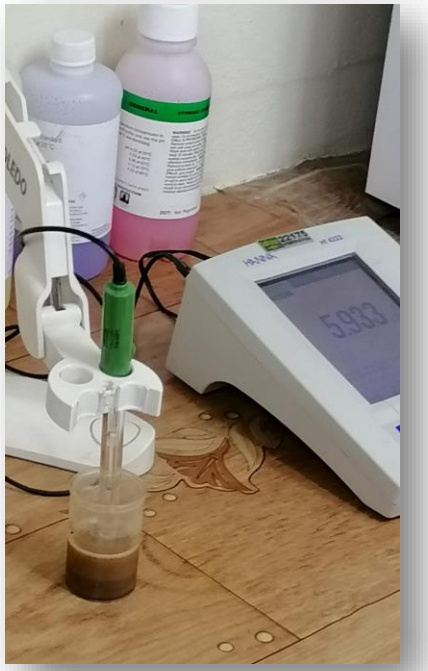


- Determinación de la textura del suelo, porcentaje (%) de arena, limo y arcilla, con el método del hidrómetro de Bouyoucos, tomando dos lecturas (Bouyoucos 1962).

(Fuente: El Autor, 2023)

Materiales y Métodos

- Medición de pH del suelo.
- Análisis de potasio.
- Análisis de materia orgánica, Espectrofotómetro.



(Fuente: El Autor, 2023)

Materiales y Métodos

- Metodología EPA 3051A, proceso de extracto para lectura en espectrofotómetro de absorción atómica, modelo analytik jena contrAA 800.

(Fuente: El Autor, 2023)

- 0.50 g, de suelo seco.

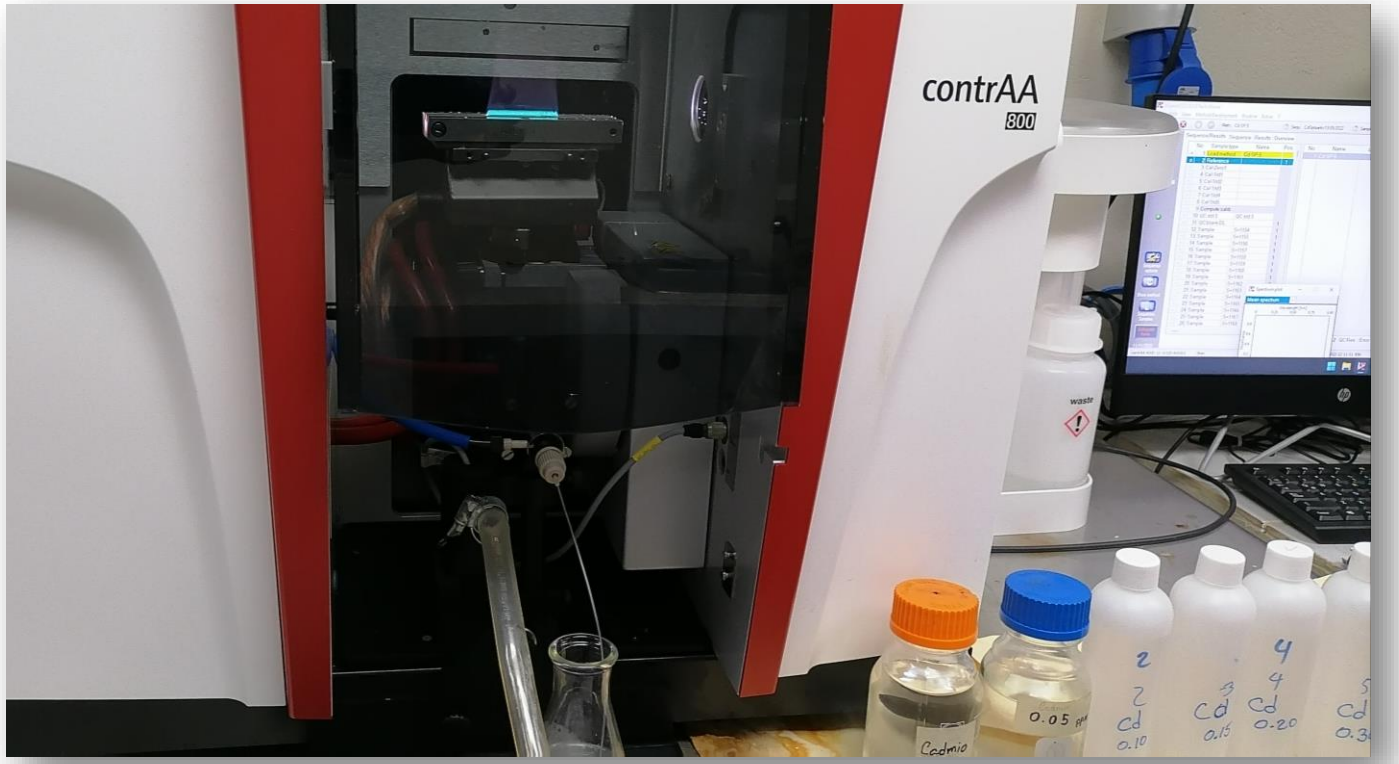
- 9 ml de ácido nítrico (HNO3), 3 ml de ácido clorhídrico (HCI), 1 ml de peróxido de hidrógeno (H2O2).

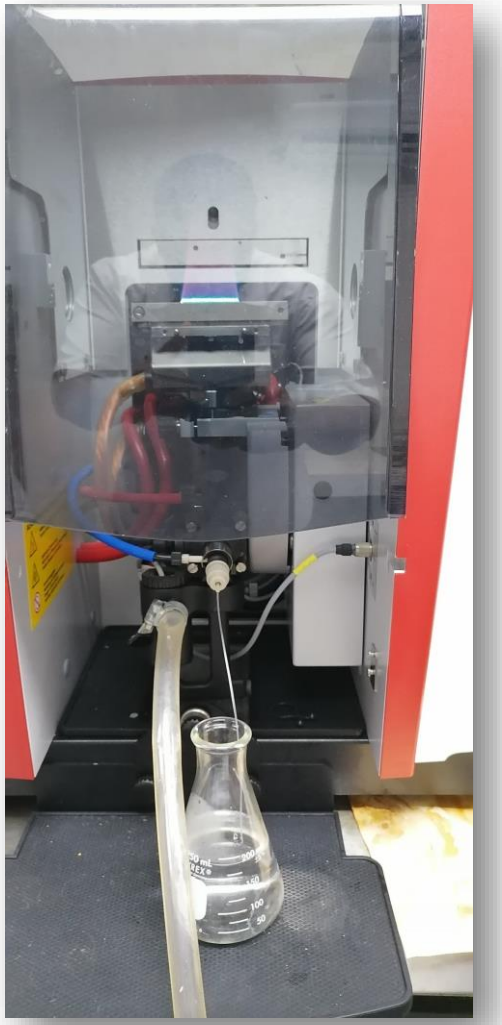
Materiales y Métodos

- Digestor, ANTON PAAR MICROWAVE REACTION SYSTEM MULTIWAVE PRO.

(Fuente: El Autor, 2023)

Materiales y Métodos





- Espectrofotómetro de absorción atómica, modelo ANALYSTIK JENA CONTRAA 800.

(Fuente: El Autor, 2023)

Resultado y Discusión

- **Características de los suelos muestreados en la temporada seca, de la subcuenca del Río Caño Quebrado:**
- Franco Arcillo Arenoso (FARA): 52% (arena), 20% (limo) y 28% (arcilla).
- Arcilloso (ARC): 38% (arena), 16.4% (limo) y 45.6% (arcilla).

		Textura		
N.° Perfil	Sección de la cuenca	Arena %	Limo %	Arsilla %
1-MP-BS1-ES	alta	48	24	28
2-MP-GS1-ES		52	12	36
3-MP-PS1-ES		40	12	48
4-MP-PS2-ES		52	12	36
5-MP-GS2-ES		52	12	36
6-MP-BS2-ES		44	20	36
7-MP-BS3-ES		52	16	32
8-MP-GS3-ES		56	20	24
9-MP-PS3-ES		36	16	48

(Fuente: El Autor, 2023)

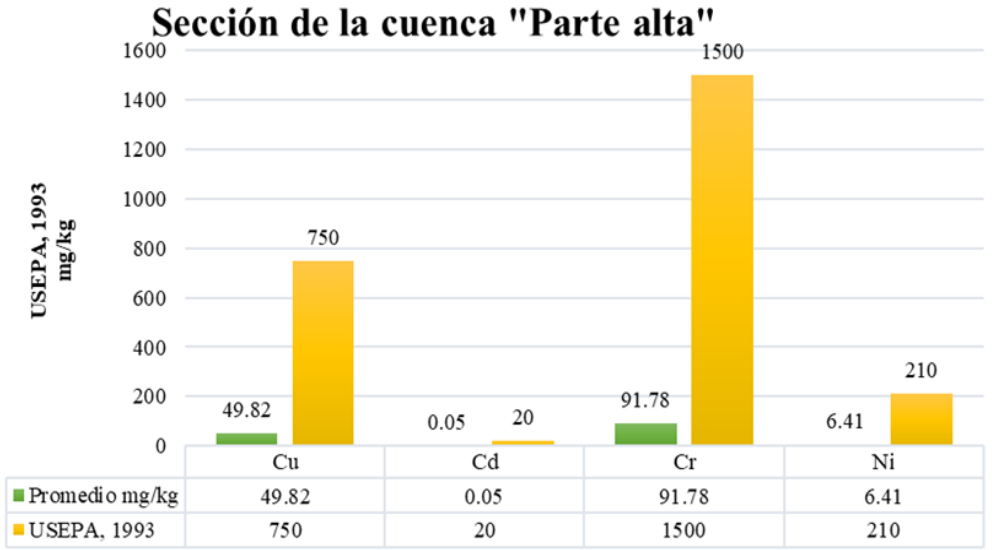
Resultado y Discusión

- Concentración de metales pesados, interpretados en promedios, Subcuenca del Río Caño Quebrado, parte alta.

Sección de la cuenca	Elemento	Promedio mg/kg	Desviación estándar	Intervalo de confianza al 95%	USEPA, 1993
Parte alta	Cobre (Cu)	49.82	15.78	10.93	750
	Cadmio (Cd)	0.05	0.05	0.03	20
	Cromo (Cr)	91.78	82.59	57.23	1500
	Níquel (Ni)	6.41	13.91	9.09	210
	pH	4.3	0.28	0.18	-
	M.O %	2.62	0.99	0.65	-

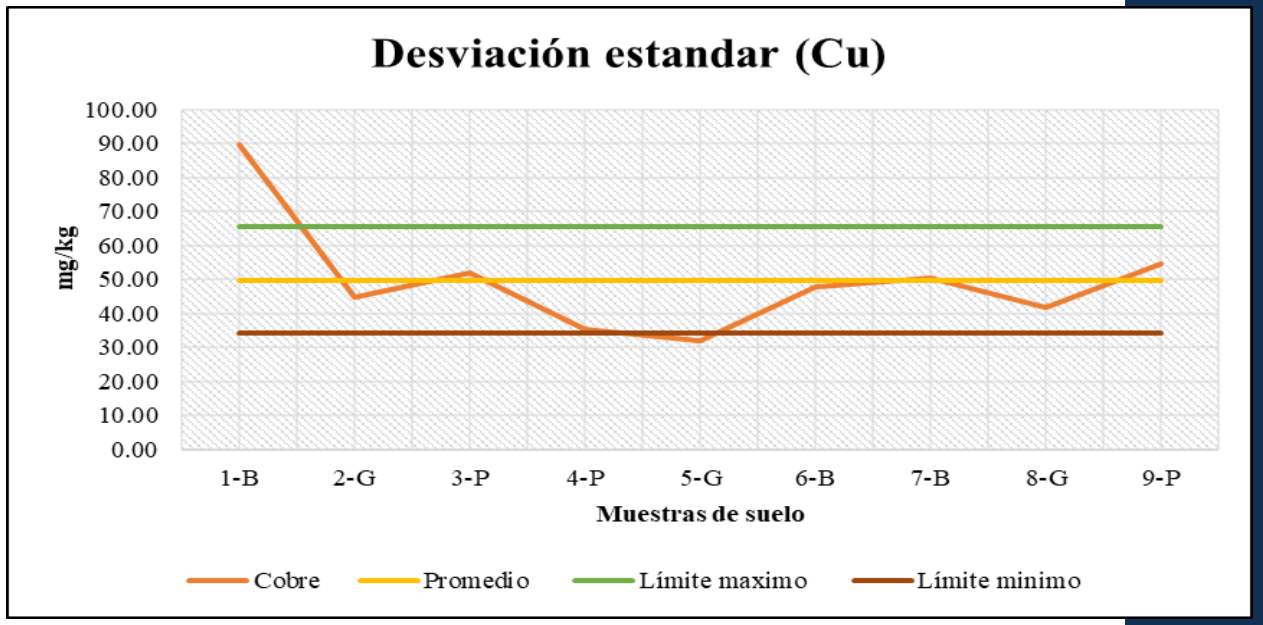
(Fuente: El Autor, 2023)

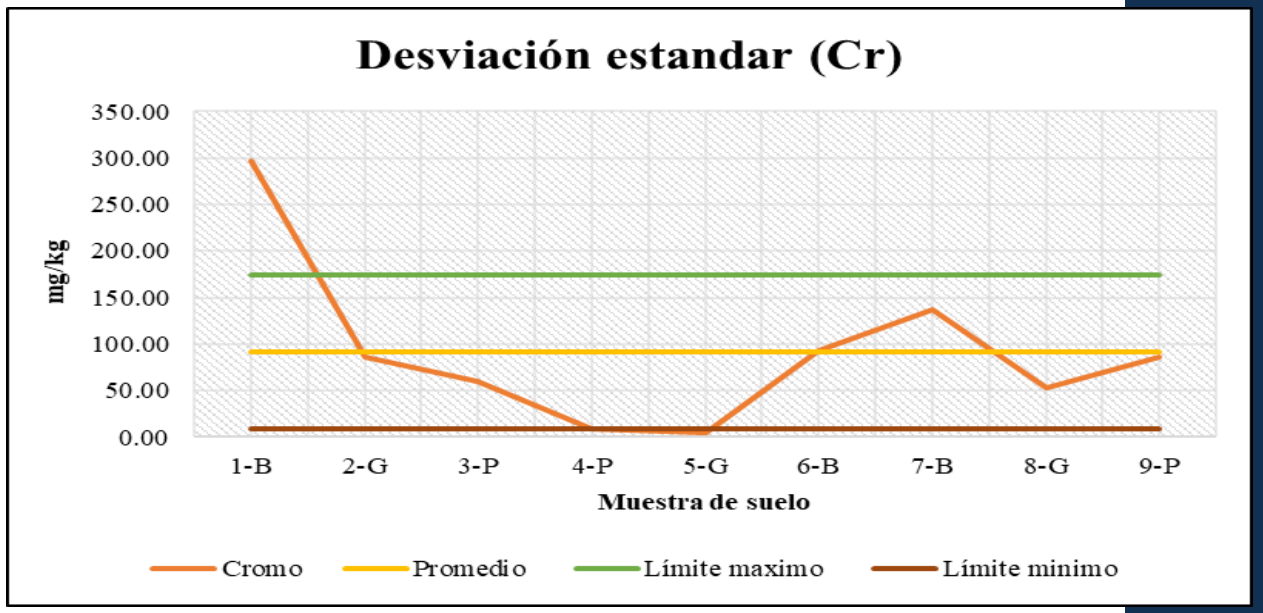
Resultado y Discusión



- Gráfica comparativa de promedios, desviación estándar y la normativa USEPA (1993).

(Fuente: El Autor, 2023)





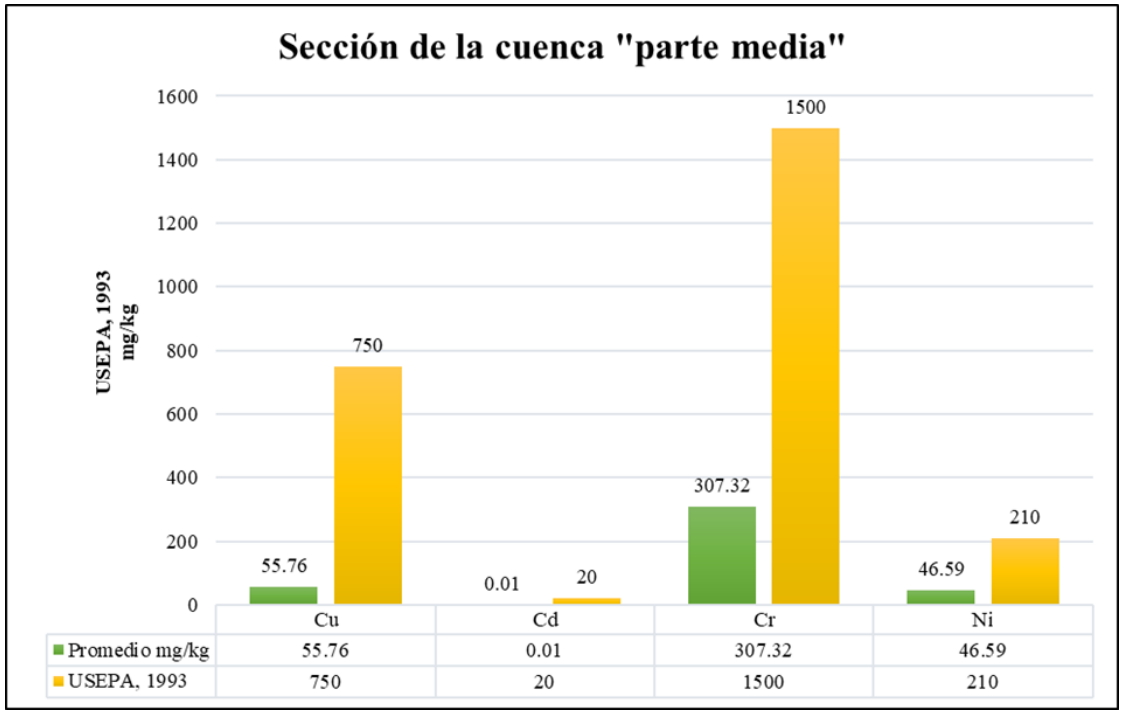
Resultado y Discusión

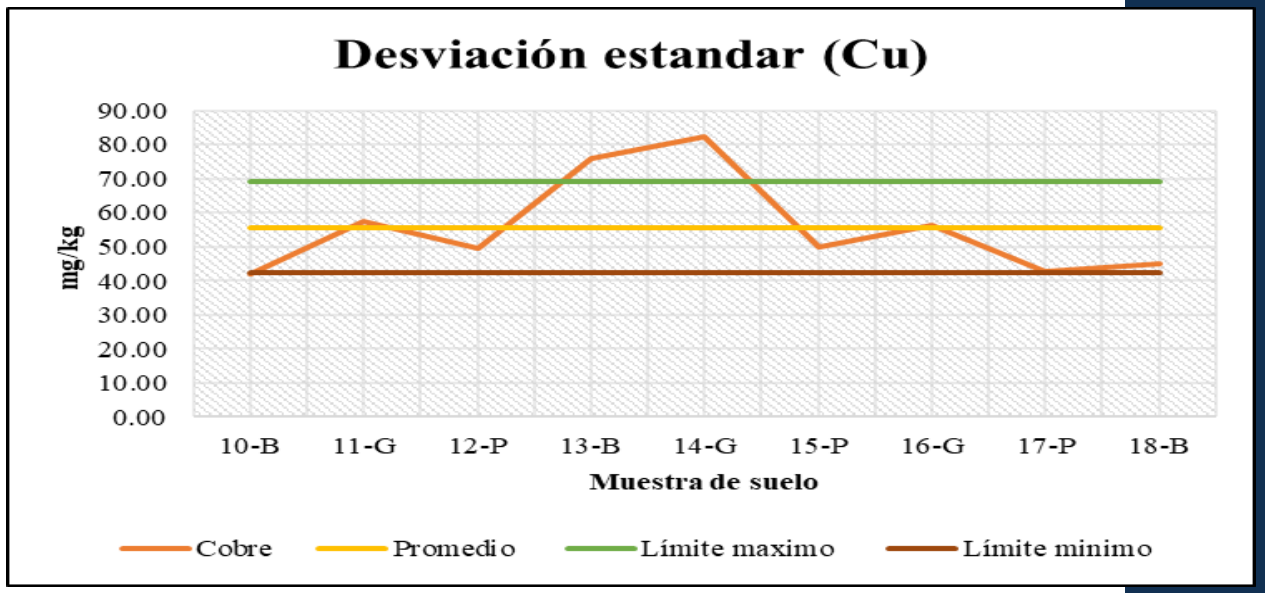
- Concentración de metales pesados, interpretados en promedios, Subcuenca del Río Caño Quebrado, parte media.

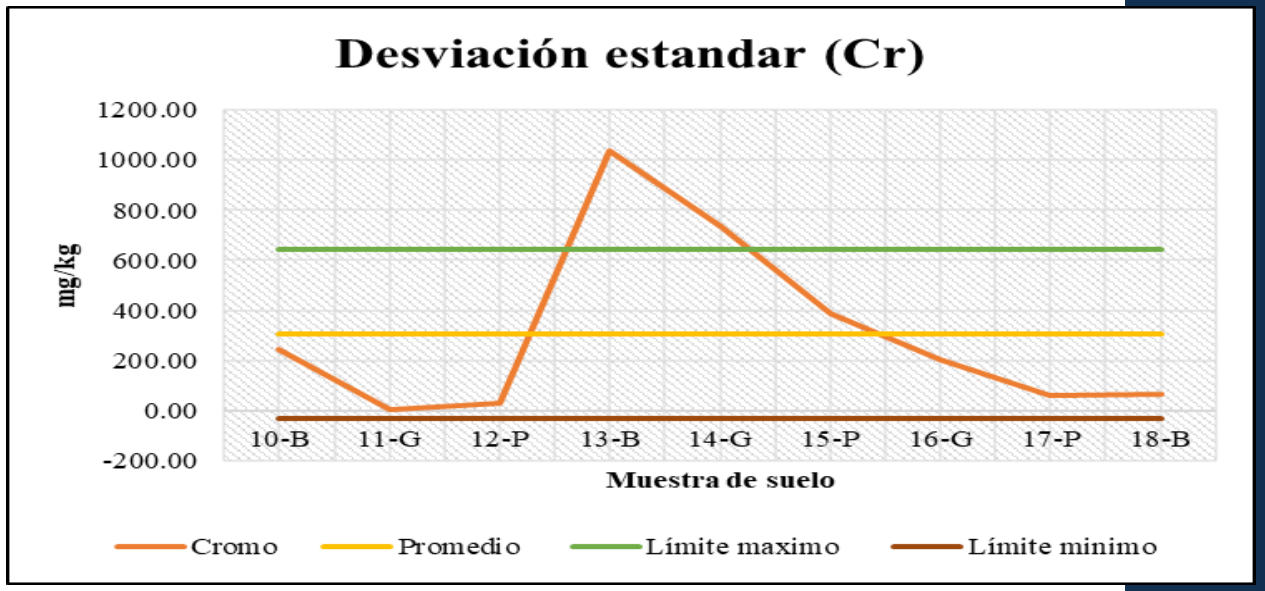
Sección de la cuenca	Elemento	Promedio mg/kg	Desviación estándar	Intervalo de confianza al 95%	USEPA, 1993
Parte media	Cobre (Cu)	55.76	13.53	9.37	750
	Cadmio (Cd)	0.01	0.01	0.00	20
	Cromo (Cr)	307.32	338.41	234.50	1500
	Níquel (Ni)	46.59	76.10	49.72	210
	pH	4.7	0.60	0.39	-
	M.O %	2.58	0.31	0.20	-

(Fuente: El Autor, 2023)

Resultado y Discusión







- Gráfica comparativa de promedios, desviación estándar y la normativa USEPA (1993).

(Fuente: El Autor, 2023)

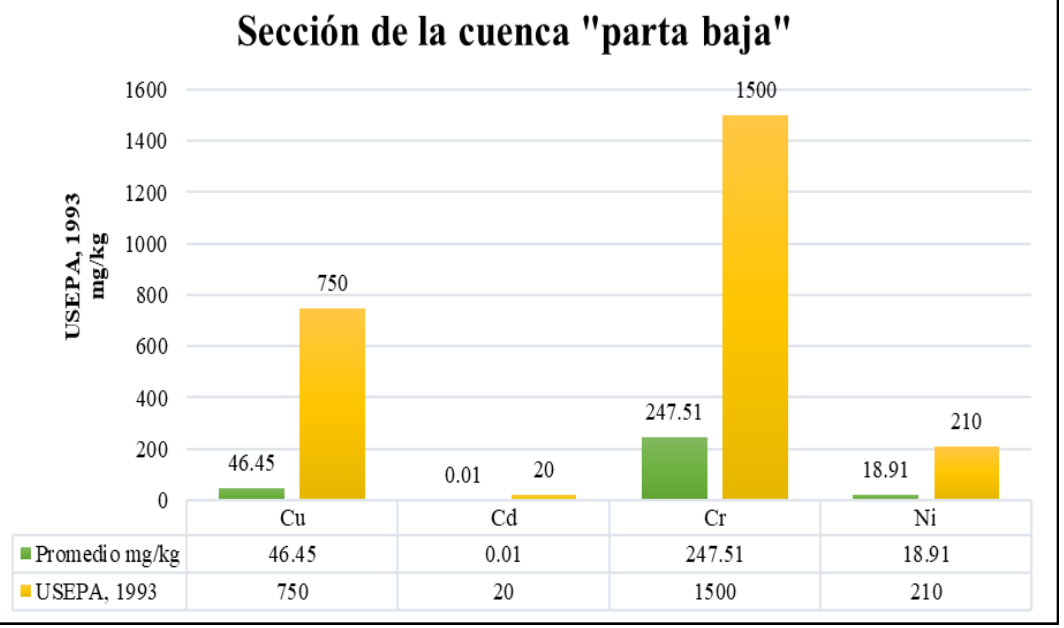
Resultado y Discusión

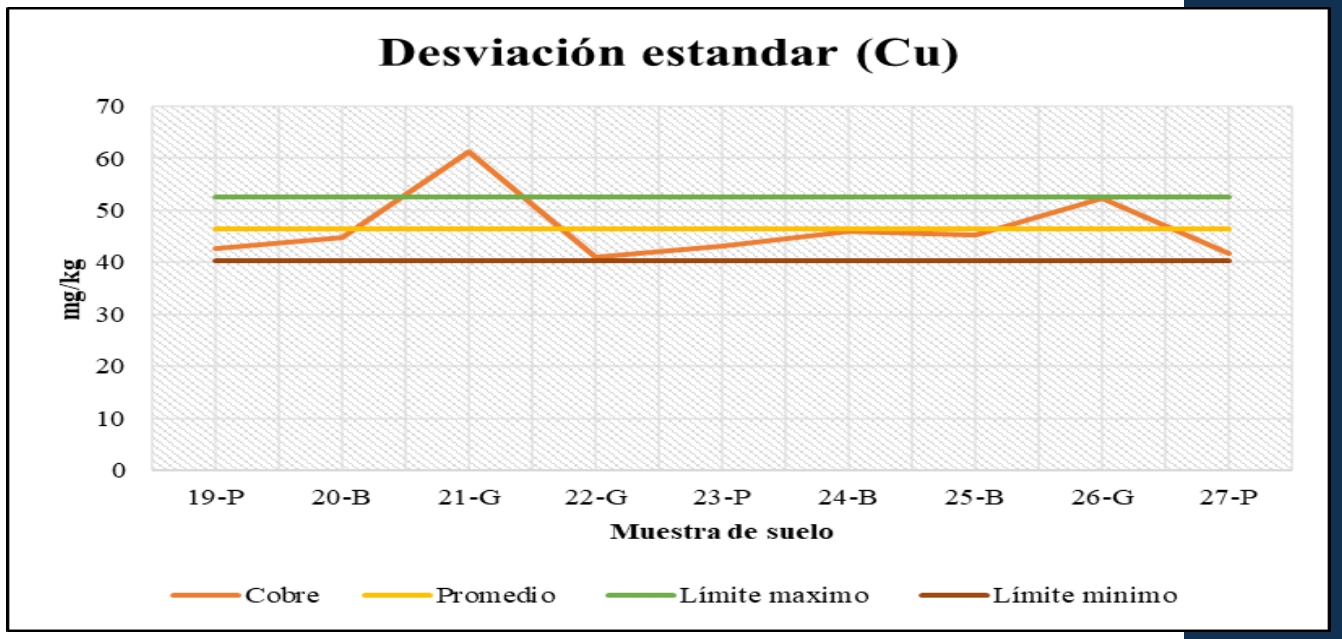
- Concentración de metales pesados, interpretados en promedios, Subcuenca del Río Caño Quebrado, parte baja.

Sección de la cuenca	Elemento	Promedio mg/kg	Desviación estándar	Intervalo de confianza al 95%	USEPA, 1993
Parte baja	Cobre (Cu)	46.45	6.11	4.24	750
	Cadmio (Cd)	0.01	0.00	0.00	20
	Cromo (Cr)	247.51	178.06	123.39	1500
	Níquel (Ni)	18.91	22.18	14.49	210
	pH	4.8	0.49	0.32	-
	M.O %	2.20	0.58	0.38	-

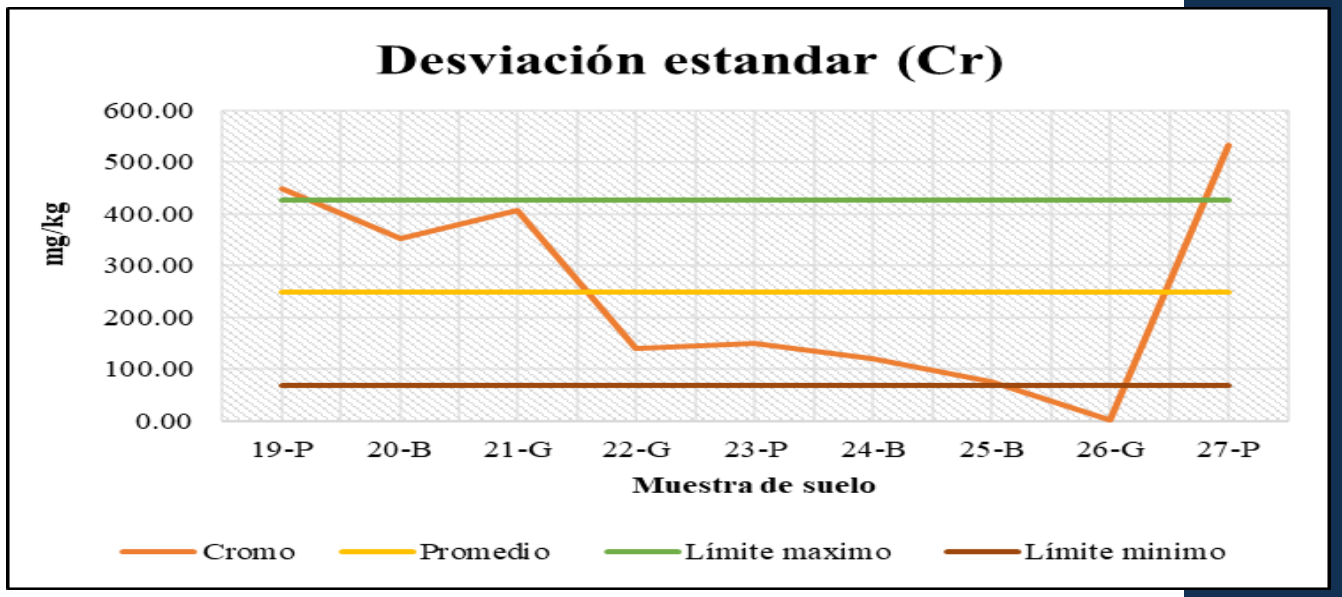
(Fuente: El Autor, 2023)

Resultado y Discusión





- Gráfica comparativa de promedios, desviación estándar y la normativa USEPA (1993).



(Fuente: El Autor, 2023)

Resultado y Discusión

N°. Perfil	Sección de la cuenca	Elemento					
		Fósforo	Potasio	Manganeso	Hierro	Zinc	Cobre
		mg/kg		mg/kg			
1-MP-BS1-ES	Alta	0.10	75.906	1693.1	35223	123.82	89.741
2-MP-GS1-ES		1	98.425	1124.9	30667	56.34	44.767
3-MP-PS1-ES		10	177.2	510.03	25603	65.529	51.888
4-MP-PS2-ES		7	112.48	810.04	27274	49.432	35.509
5-MP-GS2-ES		1	153.64	394.52	22151	50.975	31.892
6-MP-BS2-ES		2	94.935	1321.6	29575	63.084	47.788
7-MP-BS3-ES		30	77.017	3283	29851	82.175	50.522
8-MP-GS3-ES		0.10	105.55	1238.9	24374	64.915	41.776
9-MP-PS3-ES		4	133.39	385.72	25979	60.148	54.471
10-MP-BS1-ES	Media	2	98.842	724.88	34965	83.911	42.201
11-MP-GS1-ES		1	94.88	331.88	26096	44.671	57.296
12-MP-PS1-ES		5	86.507	530.51	27232	47.703	49.639
13-MP-BS2-ES		1	88.766	7615.5	37399	162.98	75.916
14-MP-GS2-ES		4	51.235	5668.7	39408	174.7	82.29
15-MP-PS2-ES		2	73.088	892.34	34445	102.09	50.013
16-MP-GS3-ES		8	72.302	3341.7	34292	85.897	56.537
17-MP-PS3-ES		4	83.753	191.15	29704	54.745	42.829
18-MP-BS3-ES		3	89.039	714.46	29606	51.835	45.157
19-MP-PS1-ES	Baja	0.10	58.267	1511.3	34231	89.18	42.62
20-MP-BS1-ES		1	61.663	6374	32081	153.65	44.716
21-MP-GS1-ES		1	388.42	2806.9	30732	116.27	61.247
22-MP-GS2-ES		3	122.04	519.31	32458	56.632	40.94
23-MP-PS2-ES		12	153.65	594.98	30613	64.089	43.071
24-MP-BS2-ES		1	96.738	3256.4	31972	159.59	46.048
25-MP-BS3-ES		6	93.377	1538.3	28918	80.172	45.335
26-MP-GS3-ES		13	80.446	1984.5	21633	61.998	52.316
27-MP-PS3-ES		7	84.137	1426.3	33514	95.675	41.747
		4.79	107.62	1880.92	30370.22	85.27	50.68
		Promedios					

- Caracterización química de los suelos muestreados por secciones de la subcuenca del Río Caño Quebrado, 2022.

(Fuente: El Autor, 2023)

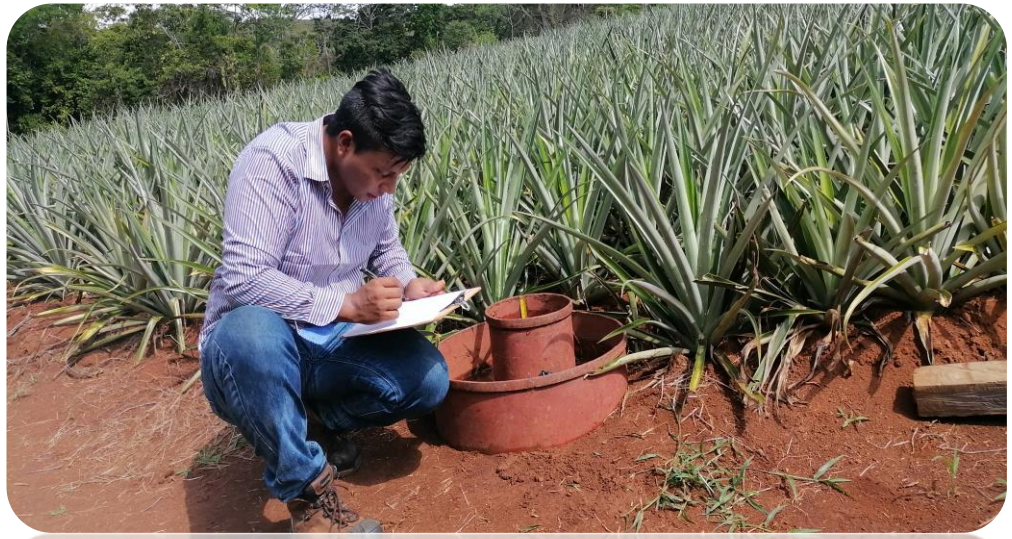
Conclusiones

- Los resultados de los sitios muestreados en la estación seca de las secciones de la parte alta, media y baja de la subcuenca del Río Caño Quebrado, no mostraron altas concentraciones.
- En la parte media de la subcuenca, el elemento cromo dio como resultado el metal pesado con mayor presencia, pero sin sobrepasar los límites permisibles del mismo.
- En cuanto a los resultados obtenidos de la materia orgánica, presentaron bajo contenido y los análisis de pH, estuvieron dentro del rango de para los suelos ácidos de la zona.
- Se utilizó la variable cobré, por su alta concentración, ya sea por origen natural y más por la utilización de fertilizantes que aplican los productores (se hizo una encuesta a los productores en donde los agroquímicos utilizados en las parcelas de piña, están compuestos en su mayoría por este elemento).

Recomendaciones

- En Panamá, todavía no existen estudios que regulen la concentración de metales pesados, cabe resaltar que se deben crear leyes que regulen los límites permisibles de estos elementos.
- Se debe continuar con las investigaciones en suelos panameños, sobre la concentración de estos elementos, tanto en suelo, agua y sedimentos, y poder aplicar técnicas de conservación y evitar la movilización de los mismos ya mencionados, por las actividades agrícolas y pecuarias.
- Para los productores, recomiendo los análisis de suelos, para conocer la deficiencia y toxicidad de nutrientes, dentro de este orden de ideas, realizar la correcta aplicación de fertilizantes y evitar su elevada concentración si estos poseen algún contaminante.

Referencias bibliográficas

- ADRIANO, D.C. (1986). Trace Elenients in the Terrestrial Environnent. Springer Verlag, New York.
- AED (Academy for Educational Development, US). 2004a. Planificación de uso y conservación de suelo en áreas piñeras de las subcuencas de Los Hules, Tinajones y Caño Quebrado. Panamá, PA.
- ANAM (Autoridad Nacional del Medio Ambiente, PA). 2010. Atlas Ambiental de la República de Panamá. Panamá, PA. Novo Art, S.A. https://www.sinia.gob.pa/index.php/atlas-ambientales
- Bautista, Zúñiga, Francisco. Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados, c1999 Universidad autónoma de Yucatán.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1983. Oxisoles y Ultisoles en América Tropical. I Distribución, importancia y propiedades físicas.
- CICH (Comisión Interinstitucional de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, PA). 2007. Informe del Estado Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. Panamá.
- NAME, B; y VILLAREAL, J. 2004. Compendio de los resultados de investigación del programa de suelos del IDIAP: Estudio de suelos Ultisoles y Alfisoles realizados en las estaciones experimentales de Calabacito, Guarumal y Río Hato. Panamá, PA, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

MUCHAS GRACIAS