



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Ambiental

“Generación de la línea base de nitratos y metales obtenidos de pulpa y cáscara de las papas Chaucha Amarilla e INIAP Cecilia expendidas en el cantón Cuenca.”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental

Autoras:

Claudia Cecilia Alvitres Medina

DNI: 71502910

Correo electrónico: claudiaalvitres249@gmail.com

Astrid María Alvarez Blacio

CI: 0704718535

Correo electrónico: astridmari1997@gmail.com

Tutora:

Ing. Verónica Patricia Pinos Vélez, PhD.

CI: 0103550711

Cuenca, Ecuador

19-julio-2021



Resumen:

En la presente investigación se realizó el levantamiento de una línea base de metales y nitratos en las variedades de papa INIAP Cecilia y Chaucha Amarilla comercializadas en la ciudad de Cuenca, Ecuador. Para ello, se determinaron los puntos de muestreo a partir de la identificación de los mercados y supermercados de la ciudad, y se evaluó la concentración de nitratos y metales tanto en cáscara como en pulpa. Los datos obtenidos en el laboratorio, se compararon con índices de toxicidad y se determinó que las concentraciones eran considerablemente menores a estos índices por lo que no indican riesgos perjudiciales a la salud. Se realizaron análisis estadísticos utilizando el software libre R-Studio. En el análisis inferencial, se compararon las medias de ambas variedades y se obtuvo que, la variedad Chaucha Amarilla tenía una concentración significativamente superior a INIAP Cecilia en metales como Co, Ni, Cs, Rb, Pb y Cu. En el análisis multivariado, el clúster demostró la relación existente entre el lugar de siembra: Ambato y Quito (INIAP Cecilia) versus Paute (Chaucha Amarilla), en tanto que, con el ACP, se evidenció la relación de los metales y los lugares de procedencia.

Palabras clave: Análisis estadístico, metales, nitratos, papas, R-Studio.



Abstract:

In this research, a baseline of metals and nitrates in the INIAP Cecilia and Chaucha Amarilla potato varieties marketed in the city of Cuenca, Ecuador, was carried out. Sampling points were determined based on the identification of markets and supermarkets in the city, and the concentration of nitrates and metals were evaluated in peel and pulp. The data obtained in the laboratory were compared with toxicity indices and it was determined that the concentrations were considerably lower than these indices and therefore did not indicate harmful health risks. Statistical analyses were performed using the free software R-Studio. In the inferential analysis, the means of both varieties were compared and it was obtained that Chaucha Amarilla variety had a significantly higher concentration than INIAP Cecilia in metals such as Co, Ni, Cs, Rb, Pb and Cu. In the multivariate analysis, the cluster showed the relationship between the places of planting: Ambato and Quito (INIAP Cecilia) versus Paute (Chaucha Amarilla), while the PCA showed the relationship between metals and places of origin.

Keywords: Metals, nitrates, potatoes, R-Studio, statistical analysis



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Claudia Cecilia Alvitres Medina, en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “GENERACIÓN DE LA LÍNEA BASE DE NITRATOS Y METALES OBTENIDOS DE PULPA Y CÁSCARA DE LAS PAPAS CHAUCHA AMARILLA E INIAP CECILIA EXPENDIDAS EN EL CANTÓN CUENCA”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 19 de julio del 2021

Claudia Cecilia Alvitres Medina

D.N.I: 71502910



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Astrid María Alvarez Blacio, en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “GENERACIÓN DE LA LÍNEA BASE DE NITRATOS Y METALES OBTENIDOS DE PULPA Y CÁSCARA DE LAS PAPAS CHAUCHA AMARILLA E INIAP CECILIA EXPENDIDAS EN EL CANTÓN CUENCA”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 19 de julio del 2021

Astrid María Alvarez Blacio

C.I: 0704718535



Cláusula de Propiedad Intelectual

Claudia Cecilia Alvitres Medina, autora del trabajo de titulación “GENERACIÓN DE LA LÍNEA BASE DE NITRATOS Y METALES OBTENIDOS DE PULPA Y CÁSCARA DE LAS PAPAS CHAUCHA AMARILLA E INIAP CECILIA EXPENDIDAS EN EL CANTÓN CUENCA”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 19 de julio del 2021

Claudia Cecilia Alvitres Medina

D.N.I: 71502910



Cláusula de Propiedad Intelectual

Astrid María Álvarez Blacio, autora del trabajo de titulación “GENERACIÓN DE LA LÍNEA BASE DE NITRATOS Y METALES OBTENIDOS DE PULPA Y CÁSCARA DE LAS PAPAS CHAUCHA AMARILLA E INIAP CECILIA EXPENDIDAS EN EL CANTÓN CUENCA”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 19 de julio del 2021

Astrid María Álvarez Blacio

C.I: 0704718535



AGRADECIMIENTO

A la Universidad de Cuenca y Universidad del Azuay, quienes nos abrieron las puertas para la realización de nuestro trabajo de titulación, especial agradecimiento a los docentes de la Escuela de Ingeniería Ambiental por dedicar su valioso tiempo compartiendo su conocimiento.

A nuestra tutora de tesis PhD. Verónica Pinos, el Mgtr. Andrés Pérez y el Dr. Piercosimo Tripaldi, por proporcionarnos la confianza, tiempo, espacio e insumos para la realización de este trabajo. También por la paciencia y el cariño al momento de enseñarnos y explicarnos los puntos dentro de esta.

A Adriana y Juan Pablo por abrirnos las puertas de su casa, cuidarnos y por el cariño brindado.

Las autoras.



DEDICATORIA

Este trabajo, al igual que todo mi tiempo y esfuerzo realizado para llegar hasta aquí se lo dedico a mis padres Laura y Luis, por estar siempre conmigo, guiarme, acompañarme y enseñarme a no rendirme en momentos difíciles, por siempre creer en mí, ustedes son mi motivación.

A mis hermanos, por estar pendientes de mí y cuidar de mis padres por mí.

A mis amorosos abuelitos Victoria, Angélica, César y Luis, por llenarme de increíbles recuerdos en mi niñez y seguir haciéndolo hasta hoy en día, por tenerme presente día a día en sus oraciones y quererme desde siempre.

A Juan, que ha sido mi mano derecha y compañero de aventuras, gracias por tu apoyo incondicional.

Me siento orgullosa por haber superado tantas barreras y seguir con ganas de más.

Claudia Cecilia Alvitres Medina.



DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo con todo mi amor, a mis padres Zoilo y Teresa y a mi hermano Anthony, por su apoyo incondicional en todo momento, quienes han sido fuente de motivación y superación. Gracias por todo el sacrificio e inmenso amor.

A mi abuelita Lola, por ser fuente de inspiración y valentía para continuar durante el trayecto de carrera universitaria, y ver en mí siempre a una mujer luchadora.

A mis tías Eva y Flor, y mis primos por estar siempre presentes, aun a la distancia, por ser mi incentivo en cada una de mis etapas de vida.

Por último y no menos importante a Claudia, mi compañera de tesis, gracias por toda tu confianza, por tu amor y sobretodo comprensión.

Astrid María Alvarez Blacio.



TABLA DE CONTENIDOS

Lista de Abreviaturas y Símbolos	16
INTRODUCCIÓN	17
OBJETIVOS	18
Capítulo 1. REVISIÓN Y ANTECEDENTES	19
1.1 Generalidades.....	19
1.1.1. Definición.	19
1.1.2. Origen y expansión.	19
1.1.3. Composición Química.....	19
1.1.4. La papa en Ecuador.....	21
1.1.5. Uso Gastronómico.....	22
1.2 Variedades Chaucha Amarilla e INIAP Cecilia.....	23
1.3 Elementos y compuestos a analizar.....	26
1.3.1. Nitratos.	26
1.3.2 Metales.	27
Capítulo 2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	35
2.1 Estadística descriptiva	35
2.1.1. Medidas de tendencia central.....	35
2.1.2. Medidas de dispersión.	37
2.1.3. Residuos.	38
2.1.4. Frecuencia.....	38
2.2 Estadística inferencial.....	38
2.2.1 Pruebas de normalidad.	39
2.2.2. Homogeneidad de varianzas.	42
2.3 Estadística multivariada.....	46
2.3.1. Clúster.	47



2.3.2. Análisis de Componentes Principales.....	47
Capítulo 3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	49
3.1 Población, muestra y muestreo.....	49
3.2 Métodos.....	50
3.3 Análisis estadístico de los datos.....	52
Capítulo 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
4.1 Origen de las papas.....	54
4.2 Concentraciones.....	57
4.3 Comparación de medias y medianas.....	67
4.4 Estadística multivariada.....	71
4.4.1 Clúster.....	71
4.4.2 Análisis de componentes principales.....	73
Capítulo 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
ANEXOS.....	96



LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Composición química de la papa por cada 100 g	20
Tabla 1.2 Variedades de papas en Ecuador de acuerdo con la zona de origen.....	22
Tabla 1.3 Ficha descriptiva de la variedad de papa <i>Solanum phureja</i> y <i>vertifolium andígena</i>	24
Tabla 1.4 Características agronómicas, fisiológicas y de calidad <i>Solanum phureja</i>	25
Tabla 1.5 Características agronómicas, fisiológicas y de calidad <i>vertifolium andígena</i>	25
Tabla 1.6 Familias de metales grupo A	29
Tabla 1.7 Familias de metales grupo B	32
Tabla 2.1 Pruebas de Normalidad	40
Tabla 2.2 Pruebas de Homocedasticidad	42
Tabla 3.1 Coordenadas de los sitios de muestreo	50
Tabla 4.1 Reporte de concentraciones de Nitratos y Metales en mg/100 g de muestra ..	58
Tabla 4.2 Reporte de consumo promedio anual de Nitratos y Metales en personas adultas	65
Tabla 4.3 Comparación de medias con las Pruebas Paramétricas ANOVA y Prueba entre pares T.....	68
Tabla 4.4 Comparación de medianas con las Pruebas No Paramétricas Kruskal Wallis y Prueba entre pares Wilcoxon	69
Tabla 4.5 Medianas de concentraciones de metales con diferencias estadísticas en g/100 g de muestra	70
Tabla A 1 Posibles puntos de muestreo.....	98
Tabla A 2 Resultados de consulta	98
Tabla A 3 Contenido medio de los elementos analizados en papas por otros autores (mg/100 g)	101
Tabla A 4 Índices de toxicidad de los elementos analizados.....	103
Tabla A 5 Valor p de pruebas estadísticas de supuestos de Independencia, Normalidad y Homocedasticidad	118
Tabla A 6 Promedio de concentraciones de metales en mg/100g entre grupos formados por Clúster	123



Tabla A 7 Correlación entre todos los metales analizados y los cuatro primeros componentes principales con todos los lugares	127
Tabla A 8 Correlación entre todos los metales tóxicos analizados y los cuatro primeros componentes principales con todos los lugares	130
Tabla A 9 Correlación entre todos los metales del grupo IIIB analizados y los cuatro primeros componentes principales con todos los lugares.....	132
Tabla A 10 Correlación entre todos los metales analizados y los cuatro primeros componentes principales.....	132
Tabla A 11 Correlación entre todos los metales tóxicos analizados y los cuatro primeros componentes principales.....	134
Tabla A 12 Correlación entre todos los metales del grupo IIIB analizados y los cuatro primeros componentes principales	135

LISTA DE ILUSTRACIONES

Mapa 3.1 Área de estudio	49
Mapa 4.1 Lugares de procedencia de papas Chaucha Amarilla e INIAP Cecilia.....	54
Mapa 4.2 Puntos de recolección de las muestras de papa Chaucha Amarilla e INIAP Cecilia.....	55
Figura 4.1 Dendrograma de similitudes de Metales.....	72
Figura 4.2 Análisis de componentes principales de todos los metales.....	74
Figura 4.3 Análisis de componentes principales de metales tóxicos	76
Figura 4.4 Análisis de componentes principales del grupo IIIB de metales	78
Figura A 1 Pruebas Gráficas de Normalidad	105
Figura A 2 Diagramas de Cajas y Bigotes de Nitratos y Metales.....	110
Figura A 3 Dendrograma de similitudes de Metales completo	122
Figura A 4 Diagrama: Agrupación de datos para el Análisis de Componentes Principales.....	125
Figura A 5 Análisis de componentes principales de todos los metales completo.....	126
Figura A 6 Análisis de componentes principales de metales tóxicos completo	129
Figura A 7 Análisis de componentes principales del grupo IIIB de metales completo	131



LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1.	INFORMACIÓN DE LUGARES DE COMPRA Y PROCEDENCIA DE PROCEDENCIA DE LAS PAPAS.....	97
ANEXO 2.	COMPARACIÓN DE CONCENTRACIONES	100
ANEXO 3.	COMPROBACIÓN DE SUPUESTOS DE NORMALIDAD Y HOMOCEASTICIDAD.....	104
ANEXO 4.	PRUEBAS DE ANÁLISIS MULTIVARIADO	121



LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

Al	Aluminio	S	Azufre
Ag	Plata	Se	Selenio
As	Arsénico	Sm	Samario
B	Boro	Sr	Estroncio
Ba	Bario	Th	Torio
Be	Berilio	Tm	Tulio
C.A.	Chaucha Amarilla	U	Uranio
C.C.A	Cáscara Chaucha Amarilla	V	Vanadio
C.I.C	Cáscara INIAP Cecilia	Yb	Iterbio
Ca	Calcio	Zn	Zinc
Cd	Cadmio		
Ce	Cerio		
Co	Cobalto		
Cr	Cromo		
Cs	Cesio		
Cu	Cobre		
Dy	Disprobio		
Er	Erbio		
Eu	Europio		
Fe	Hierro		
Ga	Galio		
Gd	Gadolinio		
Ho	Holmio		
I.C.	INIAP Cecilia		
K	Potasio		
La	Lantano		
Lu	Lutecio		
Mg	Magnesio		
Mn	Manganeso		
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar		
Na	Sodio		
Nd	Neodimio		
Ni	Níquel		
P	Fósforo		
P.C.A.	Pulpa Chaucha Amarilla		
P.I.C.	Pulpa INIAP Cecilia		
Pb	Plomo		
Pr	Praseodimio		
Rb	Rubidio		



INTRODUCCIÓN

El acelerado crecimiento de densidad poblacional mundial donde Ecuador no es la excepción pues se espera una población de 23.4 millones de habitantes para el año 2050 (INEC, 2010, 2020), ha provocado la necesidad de obtener una mayor producción de alimentos para garantizar la seguridad alimentaria. Para ello, la ciencia y tecnología ha fabricado agroquímicos cuyo objetivo es el minimizar pérdidas de cultivo y obtener buenas cosechas (FAO, 1997), sin embargo, a pesar de lo beneficioso que pueden llegar a ser estos para el agricultor; refiriéndose a una buena cosecha, todavía quedan los efectos negativos que pueden provocar en el ambiente y en la salud, tanto de agricultores como consumidores, si se usan en dosis mayores a las recomendadas por el fabricante (Jiménez et al., 2016).

Al día de hoy, los pesticidas comerciales aprobados por los diferentes organismos de regulación, no contienen metales, sin embargo, algunos países en ‘vías de desarrollo’, usan de manera clandestina y desmesurada pesticidas que ya han sido sacados del comercio, por presentar dentro de su composición metales como el plomo, cadmio, etc., los cuales presentan un peligro para la salud pública, al tratarse de metales que llegan a ser tóxicos para el ser humano (OPS & OMS, 1999; Salcedo et al., 2012).

Un estudio realizado por Maldonado (2019) demostró que las papas comercializadas en Quito, contenían plomo y cadmio, pero que las concentraciones no superaban el límite máximo permisible de acuerdo al CODEX (1995), sin embargo, según el autor, a futuro podría causar complicaciones en la salud del consumidor.

La comunidad cuencana consume aproximadamente 30 kg de papas al año (MAG, 2014), convirtiéndose en uno de los productos más consumidos en esta ciudad andina, por ende, uno de los más producidos. A esta premisa, se le agrega la incertidumbre que los alimentos puedan contener metales o compuestos que, a pesar de no ser tóxicos en pequeñas concentraciones, pueden bioacumularse y causar deficiencias o enfermedades si se consumen en concentraciones elevadas o un tiempo determinado (Londoño et al., 2016).



OBJETIVOS

Objetivo General:

Realizar el levantamiento de la línea base para nitratos y metales obtenidos de la pulpa y cáscara de las papas *Solanum phureja* ‘Chaucha Amarilla’ y *Solanum vertifolium andígena* ‘INIAP Cecilia’ expandidas en el cantón Cuenca.

Objetivos Específicos:

- Determinar los puntos de muestreo a partir de la identificación de los mercados y supermercados del cantón Cuenca que expendan las papas *Solanum phureja* ‘Chaucha Amarilla’ y *Solanum vertifolium andígena* ‘INIAP Cecilia’ y la localidad de origen de cada una.
- Evaluar la concentración de nitratos y metales en las dos variedades de papas estudiadas en cáscara y pulpa mediante el uso del Espectroscopía de infrarrojo y UV visible, y Espectrómetro de plasma acoplado inductivamente con espectrómetro de masas ICP-MS, respectivamente.
- Realizar un análisis estadístico inferencial para comparar las concentraciones de nitratos y metales entre los dos tipos de papa.
- Efectuar el análisis estadístico multivariado aplicado a la evaluación de contaminantes de nitratos y metales en Pulpa y Cáscara de las papas Chaucha Amarilla e INIAP Cecilia.



CAPÍTULO 1. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

1.1 Generalidades

1.1.1. Definición. La papa es un tubérculo perteneciente a la familia de plantas con flores de las solanáceas (*Solanum tuberosum L.*), es el tercer cultivo más importante a nivel mundial en lo que respecta a consumo después del arroz y el trigo con siembras que superan los 374 millones de toneladas métricas al año, siendo China el destino líder en producción con más de 88 millones de toneladas anuales (CIP, 2017).

1.1.2. Origen y expansión. Este tubérculo presenta su mayor diversidad genética y origen en América del Sur, específicamente en las partes altas de los Andes (Valle del Cuzco, Perú), sus primeros cultivos se localizan en los alrededores de Lago Titicaca en el límite entre Perú y Bolivia, siendo culturas como la Inca, Mochica y Nazca quienes cultivaron el tubérculo y lo domesticaron para que se dé en abundancia (Pumisacho & Sherwood, 2002). Posteriormente, este tubérculo se fue expandiendo por la región andina, en especial las zonas altas de países como Colombia, Ecuador y Chile, dicha expansión coincidió con la llegada de los españoles a la región lo cual contribuyó a la introducción de la papa en el continente europeo a finales del siglo XVI; favoreció su expansión a nivel mundial (Trujillo, 2004). En esa época, este tubérculo fue considerado culturalmente inferior por los españoles quienes calificaban a la papa como ‘alimento de indios’, en comparación con el maíz que era un cultivo considerado superior (Unigarro, 2010).

1.1.3. Composición Química. En relación a su composición y valor nutricional, la papa es considerada una fuente de carbohidratos y energía, 100 g de papa equivalen a 95 Calorías, 21.6 g de carbohidratos, 1.9 g de proteína y 0.1 g de grasa (FAO, 2010).

No obstante, la composición química y la calidad puede variar dependiendo de diferentes factores como las condiciones ambientales, el tipo de suelo, los fertilizantes y pesticidas usados, etc. En general, este tubérculo es considerado una buena fuente de energía con la siguiente composición: en su mayoría agua con aproximadamente el 75 %, carbohidratos 20 %, y en menores cantidades grasas, proteínas, fibra, vitaminas solubles, minerales y



otros compuestos. En la materia seca del tubérculo la mayor parte se conforma de almidón y otros azúcares (González, 2012; Prada, 2012). Se puede observar la composición química media de la papa en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Composición química de la papa por cada 100 g

Compuesto	Papa
Humedad	77.2 %
Energía	207.5 Kcal
Proteína	2.5 g
Lípidos	0.20 g
Carbohidratos totales	18.4 g
Cenizas	0.90 g
Calcio	6.5 mg
Flúor	0.24 mg
Fósforo	39.85 mg
Hierro	0.88 mg
Potasio	673.1 mg
Sodio	8.90 mg
Zinc	0.50 mg

Fuente: Ramirez (2010); Cámara de Comercio de Bogotá (2015)

Analizando las papas y sus variedades a nivel químico, estas se componen de valores proteicos que van desde 1.8 a 2.8 %, nitrógeno entre 1 – 2 %, proteínas como las globulinas y glutelinas, lo cual convierte a este tubérculo como fuente de vitamina C, A y riboflavina. Correspondiente a sus enzimas la papa cuenta con fosforilasa, amilasa, tirosinasa las cuales forman azúcares a bajas temperaturas (Prada, 2012).

Por otro lado, la calidad de la papa se ve determinada por criterios como la composición, forma, tamaño y calidad nutritiva, divididos en factores internos y externos. Los criterios de calidad externa hacen referencia al color de la piel, profundidad de los ojos, forma y tamaño y sanidad, mientras que los internos están determinados por la composición química, enfermedades y defectos internos, los cuales son difíciles de identificar para el consumidor (Traverso & Longo, 2014).

Es importante destacar que, generalmente, la papa está conformada por el 98 % de pulpa y el 2 % de cáscara, el mismo que, dependiendo la variedad suele ser desechado (López et al., 2019; Moyano, 2014; Prada, 2012).



1.1.4. La papa en Ecuador. De acuerdo a registros arqueológicos, en Ecuador, la mayor diversidad genética de este tubérculo se encontró en Quito, de hecho, fue una de las primeras ciudades en contar con este cultivo. Actualmente, los cultivos de este tubérculo están presente en diversas provincias de la serranía del país. Las condiciones climáticas de la región andina ecuatoriana han permitido la diversidad de este tubérculo debido a especies de origen nativo (*Solanum andígena* y *Solanum phureja*) y, por otra parte, como resultado de la domesticación humana, a la cual se le atribuye la seguridad alimentaria del pueblo en épocas de escasez. En la actualidad, la papa es el tubérculo más consumido y constituye parte principal en la dieta nacional siendo base en la cocina ecuatoriana, es de fácil acceso y brinda un aporte nutricional favorable al ser una fuente de energía. En el país se consumen en diferentes preparaciones sean asadas, fritas, enteras, cocidas, tortillas, secos, ensaladas, puré y sopas (Montenegro, 2016; Unigarro, 2010).

De acuerdo a las cifras agro productivas del Ministerio de Agricultura y Ganadería (2018), en el Ecuador, la papa es uno de los principales cultivos del país con cultivos de más de 22 mil hectáreas, representando un estimado de 517 mil toneladas y tiene gran importancia económica y social, puesto que generan grandes ingresos en las familias agro productivas registrando un rendimiento promedio nacional de 23.42 ton/ha (MAG, 2021).

En el país se producen variedades de papas las cuales se pueden clasificar en nativas y mejoradas, las primeras hacen referencia a cultivos de selección empírica efectuado por agricultores y lo segundo resulta de los mejoramientos efectuados por científicos con cultivos nativos (Devaux et al., 2010). Hoy en día, Ecuador cuenta con más de 400 variedades de papas, diversas en formas, colores y tamaños, en su mayoría cultivadas sobre los 3000 m.s.n.m., lugar donde la radiación es más alta y el suelo absorbe mayor cantidad de nutrientes, lo cual brinda cultivos que generalmente carecen de fertilizantes y pesticidas (Navarrete, 2011). En la Tabla 1.2 se puede observar algunas de las variedades que más se cultivan en Ecuador según la provincia y si corresponde al Norte, Centro o Sur del país.

**Tabla 1.2 Variedades de papas en Ecuador de acuerdo con la zona de origen**

	Provincia	Tipo de papa
Norte	Carchi e Imbabura Altura: 2800 - 3200 m.s.n.m.	Súper Chola, Chola, Gabriela, Esperanza, María, Fripapa, Yema de huevo (Chauchas), Capiro, Ormuz.
Centro	Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar Altura: 2200 - 3600 m.s.n.m.	Cecilia-leona, Chola, Fripapa, Uvilla, Puña, Chaucha, Yema de huevo, Santa Catalina, Súper Chola, Esperanza, Santa Isabel, Gabriela, Rosita y María.
Sur	Cañar, Azuay y Loja Altura: 2000 - 2600 m.s.n.m.	Bolona, Gabriela, Uvilla, Santa Catalina, Soledad Cañarí y Esperanza.

Fuente: Devaux *et al.* (2010)

En Azuay, los cultivos de papa representan el segundo de mayor producción después del maíz suave seco, con una producción anual de 4354 toneladas distribuidas en 2323 hectáreas (INEC, 2011b). En 2017, la papa en Azuay dio un rendimiento de 10.54 t / ha, encontrándose en sexto puesto en relación con la superficie utilizada para este producto y siendo la segunda producción más grande después de la caña de azúcar (MAG, 2018).

Correspondiente a la ciudad de Cuenca, la papa ocupa 429 hectáreas, concentradas en las parroquias Octavio Cordero, Quingeo y Sayausí siendo las variedades de Chola, Súper Chola, Bolona, Cecilia y Chaucha los cultivos de mayor producción, mientras que Gabriela, Jubaleña, Blanca y Esperanza las de menor producción (Alvarez & Tello, 2013). Lo anteriormente expuesto, evidencia la importancia del cultivo de papas para la provincia del Azuay y por consiguiente en la ciudad central de esta provincia, Cuenca.

1.1.5. Uso Gastronómico. En la gastronomía, la papa juega un rol importante ya que se ha convertido en parte de la cocina mundial debido a las amplias opciones de preparación que este producto ofrece sea como ingrediente protagonista o acompañante (Herrera et al., 1999). En Ecuador, la papa forma parte de la alimentación de las familias al ser de fácil accesibilidad y por otro lado es un producto que se cosecha todo el año, sin mencionar la



amplia variedad con la que se cuenta. Cabe destacar que las variedades de papas más usadas son la Chaucha, la Chola, la Súper Chola, la Cubaleña y la Esperanza. Correspondiente al consumo del tubérculo en Cuenca destacan la Súper Chola (42 %) y la Chola (26 %) (Amoroso, 2015). De hecho, la gastronomía ecuatoriana, constantemente, hace uso de la papa en sus diversas preparaciones ya que ésta figura como uno de los productos básicos de mayor consumo a nivel nacional, sin embargo, esta relevancia se encuentra muy marcada por región, debido a que este producto es más demandado por la sierra versus la costa y oriente y además, representa entre el 1.01 % y 1.83 % del gasto de la canasta básica y cada persona tiene un consumo promedio de 30 kg al año (Herrera et al., 1999; MAG, 2018).

Las preparaciones que permite este tubérculo son amplias, como ingrediente acompañante este se puede incluir en sopas, ensaladas, locros, entre otros, y como ingrediente independiente o estrella se puede preparar como puré, tortilla, entera (asada, horneada, cocida), entre otros (Montenegro, 2016; Unigarro, 2010).

1.2 Variedades Chaucha Amarilla e INIAP Cecilia

Dos de las variedades más sembradas y consumidas con cáscara a nivel nacional son la Chaucha Amarilla y la INIAP Cecilia.

La papa Chaucha Amarilla, *Solanum phureja* o papa Criolla, es una especie diploide, distribuida en tiempos prehispánicos desde Venezuela hasta Perú (Pumisacho & Sherwood, 2002). Es una de las pocas variedades de papas nativas de las comunidades altoandinas, es pequeña, de diámetro aproximado de 4 cm, cuyo color de piel y pulpa es amarillo ocre o intenso (Villacrés et al., 2011). Las principales fortalezas de este tubérculo son el alto valor nutricional, buen sabor y ciclo corto, lo que hace que la cosecha de estas se dé en menor tiempo (Ligarreto & Suárez, 2003).

La papa *Solanum vertifolium x andígena* Var. 'INIAP Cecilia' o simplemente Cecilia, es una de las variedades mejoradas por el INIAP, proviene de las especies *Solanum vertifolia* y *Solanum jaborilla*. Tiene forma oval-alargada con un tamaño medio, en las caras superior e inferior es ligeramente aplanada. Por otro lado, su piel es blanco-cremosa y



lisa, y presenta ojos en la superficie. Es preferida para frituras, tortillas y sopas ya que es de textura harinosa y de sabor agradable y neutro (Pumisacho & Sherwood, 2002).

A continuación, se presenta la ficha descriptiva y características de la variedad de papa Chaucha Amarilla e INIAP-Cecilia en las tablas 1.3, 1.4 y 1.5.

Tabla 1.3 Ficha descriptiva de la variedad de papa *Solanum phureja* y *vertifolium andígena*

Nombre científico	Descripción	Características
Especie: <i>Solanum phureja</i> Familia: Solanaceae Género: Solanum L	Conocida comúnmente como papa criolla o papa chaucha. Se originó de la especie cultivada diploide (<i>Solanum stenotomum</i>) Se cultiva desde la región central del Perú hasta Ecuador, Colombia y Venezuela (específicamente en el oriente de los Andes). En Ecuador, su producción se concentra en la provincia del Carchi.	Se adapta a días cortos, de naturaleza diploide y presenta ausencia de dormancia del tubérculo. Es una papa precoz, con un período de reposo del tubérculo muy corto, pulpa de color amarilla, alto contenido de materia seca y proteína. Tiene cualidades como buen sabor, alta calidad culinaria y nutricional (mejores niveles de materia seca, Fe, Zn, proteína, vitamina C, carotenoides y fenoles totales, que en otros grupos de papa).
Especie: <i>Vertifolium andígena</i> Familia: Solanaceae Género: Solanum	Perteneciente a la variedad INIAP-Cecilia. Proviene del cruzamiento entre la variedad alemana Vertifolia (<i>S. tuberosum</i>) con la variedad andina Jabonilla (<i>S. andígena</i>). Se cultiva en las provincias centrales del callejón interandino: Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo.	Es de desarrollo tardío y vigoroso. Los tubérculos son de forma ovalada, tamaño de medianos a grandes, piel roja y lisa, pulpa amarilla intensa. Apta para consumo en fresco.

Fuente: Ramirez (2010); Rojas y Seminario (2014); Núñez (2016)

**Tabla 1.4 Características agronómicas, fisiológicas y de calidad *Solanum phureja***

Características	Descripción
Maduración (a 3050 m.s.n.m.)	Muy temprana
Hábito de crecimiento	Erecto
Enfermedades	Susceptible a tizón tardío u roya y lanchara
Vigor de la planta	Vigorosa
Cobertura del suelo	Completa
Altura de la planta (m)	86.2
Rendimiento potencial promedio en campos productores (t/ha)	10
Azúcares reductores (mg/100g) *	0.020
Almidón (%) *	69.27
Proteína (%) *	10.03
Fibra (%)	2.1
Carotenos (µg/g)	11
Hierro (ppm)	10.1
Zinc (ppm)	2.5
Potasio (%)	440
Calcio (%)	4.5
Tiempo de cocción (minutos)	10
Color de papa cocida	Crema

*Datos en base seca

Fuente: INIAP (2016)

Tabla 1.5 Características agronómicas, fisiológicas y de calidad *vertifolium andigena*

Características	Descripción
Maduración (2600 a 3200 m.s.n.m.)	Tardía (150-190 días)
Hábito de crecimiento	Erecta
Enfermedades	Susceptible a tizón tardío u roya, lanchara, nematodo del quiste
Vigor de la planta	Vigorosa
Cobertura del suelo	Completa
Altura de la planta (m)	0.70-1.20
Tipo de brotación	Múltiple
Dormancia (días)	90
Verdea miento (días, a luz difusa)	15-25

*Datos en base seca

Fuente: INIAP (2011, 2016)

**Tabla 1.5 (Continuación) Características agronómicas, fisiológicas y de calidad *vertifolium andígena***

Características	Descripción
Rendimiento potencial promedio en campos productores (t/ha)	20
Tamaño grande (%)	42
Tamaño mediano (%)	42
Tamaño fino (%)	16
Azúcares reductores (mg/100g) *	152.2
Almidón (%) *	68.14
Proteína (%) *	8.85
Fibra (%)	2.79
Polifenoles (mg/100g)	70.54
Carotenos (µg/g)	0.59
Hierro (ppm)	73
Zinc (ppm)	12
Fósforo (%)	0.39
Potasio (%)	2.10
Calcio (%)	0.05
Tiempo de cocción (minutos)	0
Color de papa cocida	Blanco – crema

*Datos en base seca

Fuente: INIAP (2011, 2016)

1.3 Elementos y compuestos a analizar

1.3.1. Nitratos. Son compuestos solubles formados molecularmente por nitrógeno y oxígeno, están presentes en la naturaleza como parte del ciclo del nitrógeno, en suelos, agua, alimentos (en los vegetales, productos cárnicos y granos), y son responsables del crecimiento de las plantas, por ello, son importantes en la industria agrícola como fertilizantes (Londoño & Gómez, 2021).

Los alimentos son una de las fuentes de exposición de nitratos, en su mayoría, estos se acumulan en las hortalizas como la betarraga, lechuga, acelga, acelga, entre otros, las cuales superan los 2500 mg/kg de masa fresca considerado como un rango ‘muy alto’ de contenido de nitrato, mientras que la cebolla, papa, sandía, tomate, ajo, entre otros, presentan niveles inferiores a 200 mg/kg (Moreno et al., 2015). De hecho, ‘De acuerdo a



la Organización Mundial de la Salud, el hombre americano promedio consume 9-22 mg de nitrato-N por día principalmente en verduras de hoja verde y vegetales de raíz como zanahorias, remolacha, y rábanos' (Sigler & Bauder, 2012).

Los nitratos generan preocupación si se detectan en el agua potable pues es señal de contaminación proveniente generalmente de aguas subterráneas por derrames industriales, animales o infiltración de desechos humanos. De acuerdo a la CDC (2021), 'La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) precisó que la ingesta de nitratos y nitritos podría producir cáncer en los seres humanos, sin embargo, la EPA no los ha clasificado como cancerígenos'.

Este efecto cancerígeno está relacionado con los nitratos debido a la reducción de los nitratos a nitritos, nitrosaminas y otros compuestos derivados del nitrógeno en el tracto digestivo (medio ácido), los mismos que, especialmente las nitrosaminas, están relacionadas con el cáncer, a pesar de lo descrito anteriormente, las investigaciones no han logrado demostrar una participación directa de estos nitratos con el efecto tóxico, pero sí con efectos protectores del tracto digestivo y favorecimiento del flujo sanguíneo cuando los nitratos y nitritos provienen de vegetales o son administrados directamente (Antón & Lizaso, 2001; CDC, 2021; CDPH, 2006; Moreno et al., 2015; OMS, 2019).

1.3.2 Metales. Se designan metales a los elementos químicos conductores del calor y electricidad, de brillo característico y habitualmente sólidos a temperatura ambiente, se caracterizan por su dureza, brillo, ductilidad y maleabilidad. Este concepto incluye los elementos puros, además los compuestos metálicos forman aleaciones, cabe destacar que sus sales en disolución forman cationes (iones electropositivos) (JCYL, 2008).

Los compuestos metálicos son los tóxicos más antiguos considerados por el hombre, su toxicidad radica principalmente en el elemento metálico; sin embargo, el efecto tóxico se ve modificado por los otros componentes (orgánicos e inorgánicos) del compuesto y por la solubilidad del mismo. Hoy en día, debido a la industrialización, las fuentes de exposición están presentes en la vida cotidiana y en el campo laboral. La exposición a elementos metálicos afecta a las proteínas con actividad enzimática, repercutiendo en el sistema gastrointestinal, neurológico, hemático y renal, incluso, llegando a ser algunos cancerígenos (Ferrer, 2003).



La población entra en contacto con los metales a través del agua, los alimentos y el ambiente, donde su presencia se ha incrementado en su mayoría por la actividad industrial (Ferrer, 2003). Por ejemplo, las vías de exposición se dan por inhalación, ingestión y contacto con ojos y/o piel en escenarios como la minería e industrias (NCBI, 2021).

A continuación, en las tablas 1.6 y 1.7 se presentan los metales analizados pertenecientes al grupo A y grupo B respectivamente con sus efectos de toxicidad.

**Tabla 1.6 Familias de metales grupo A**

Metales	Definición	Efectos de toxicidad
IA (Rb, Cs, Na, K)	Se caracterizan por tener un electrón en su capa orbital externa. Son solubles en agua y de rápida reacción al oxígeno; además, son maleables, blandos, cortables y brillantes (Cervantes, 2014). Los elementos que componen este grupo se encuentran relacionados con aplicaciones de alta tecnología actuales, como lámparas, baterías de alta relación, tratamiento de enfermedades como neurosis, uricemias y cáncer (Holguín et al., 2008).	(Rb) Genera inconvenientes para ganar peso, ataxia, híper irritación, úlceras en la piel, y nerviosismo extremo. Ante casos de exposición extremas, causa afecciones al corazón y desequilibra los niveles de potasio (Lenntech, 2017). (Cs) Síndrome de radiación agudo (náusea, vómitos, diarrea, hemorragias, coma, incluso, la muerte) (CDC, 2021). (Na) Dificultad para respirar, puede causar edemas pulmonares, afecciones a riñones y aumenta la hipertensión (Cervantes, 2014). (K) Arritmia potencialmente mortal, disfunción neuromuscular, diarrea, náuseas y vómitos (NCBI, 2021).
IIA (Ba, Sr, Be, Ca, Mg)	Se caracterizan por formar cationes con una carga de p^2 en solución y tienen dos electrones en su capa de valencia exterior. En comparación con el grupo anterior, este conjunto de metales es más duros y tienen las mismas propiedades metálicas; no obstante, son de mayor densidad y de elevados puntos de fusión y ebullición (Ropp, 2013). Estos metales solo se encuentran en la naturaleza como cristales, minerales, rocas fosfatadas (Holguín et al., 2008).	(Ba) Ante una exposición baja y breve puede causar diarrea, vómitos, calambres estomacales, alteración de ritmo cardíaco y presión sanguínea, debilidad muscular, adormecimiento o parálisis (NCBI, 2021). (Sr) Disminución del número de glóbulos rojos, blancos, pérdida de plaquetas lo que puede causar anemia y hemorragias intestinal. (Be) Afecciones a nivel pulmonar (pulmonías, enrojecimiento, hinchazón de pulmones) (CDC, 2021). (Ca) Daños renales, necrosis tubular renal aguda, leucemia, linfoma, síndrome de malabsorción. (Mg) Puede causar arritmias cardíacas, fibrilación auricular, enfermedades de ganglios, incluso trastornos autistas (NCBI, 2021).

Elaborado por: Alvitres & Alvarez (2021)

**Tabla 1.6 (Continuación) Familias de metales grupo A**

Metales	Definición	Efectos de toxicidad
IIIA (B, Al, Ga, Tl)	<p>Se caracterizan por tener tres electrones de valencia, son conductores de calor y electricidad, de apariencia plateada y textura blanda. En este grupo todos los presentes son metales a excepción del boro (B) (que es el único metaloide), cabe destacar que este elemento posee funciones biológicas en el ecosistema (Harding et al., 2002).</p> <p>Estos metales se encuentran en la naturaleza, en rocas, en depósitos donde existieron acción volcánica (Boro) (Cabanillas, 2019).</p>	<p>(B) Irritación en el tracto respiratorio, la nasofaringe y los ojos (a corto plazo y reversibles). No se ha logrado identificar efectos sobre la salud a largo plazo (NCBI, 2021).</p> <p>(Al) Puede desarrollar problemas respiratorios, altera el sistema reproductivo y nervioso (CDC, 2021).</p> <p>(Ga) Causa dermatitis, carcinoma de células renales y depresión de la función de la médula ósea.</p> <p>(Tl) Náuseas, vómitos, dolor en brazos, manos y piernas, frecuencia cardíaca y presión arterial alta; ritmos cardíacos anormales, daño en el riñón, descomposición de los glóbulos rojos, descamación seca y costrosa de la piel (NCBI, 2021).</p>
IVA (Pb)	<p>Se caracterizan por tener cuatro electrones de valencia en la capa más externa y evidenciar diversidad en sus propiedades, siendo el carbono su elemento más versátil debido a la variedad de materiales que puede ofrecer gracias a su combinación con otros elementos (NCERT, 2016).</p> <p>El plomo se encuentra en pequeñas cantidades en la corteza terrestre. También proviene de actividades humanas, incluida la quema de combustibles fósiles, la minería y la fabricación (NCBI, 2021).</p>	<p>(Pb) Alteración leve al sistema nervioso, irritación de garganta, nariz, piel y ojos (NCBI, 2021).</p>

Elaborado por: Alvitres & Alvarez (2021)

**Tabla 1.6 (Continuación) Familias de metales grupo A**

Metales	Definición	Efectos de toxicidad
VA (As, P)	<p>Se caracterizan por tener cinco electrones en su capa externa, los elementos que destacan de este grupo son el nitrógeno, ya que es el principal componente del aire, y el fósforo, que es esencial para todas las formas de vida conocidas (Sanderson, 2018).</p> <p>El arsénico es un oligoelemento y metaloide alotrópico de origen natural, se encuentra en el agua, el aire, los alimentos y el suelo, y tiene una función como micronutriente (NCBI, 2021).</p>	<p>(As) La exposición leve puede causar fatiga, náuseas y vómitos, calambres abdominales, convulsiones, mientras que la exposición crónica puede generar envenenamiento agudo acompañado de dolor abdominal intenso, náuseas y vómitos, diarrea, calambres musculares, sabor metálico y sed extrema, seguidos de estupor, coma, colapso cardiovascular y muerte.</p> <p>(P) Irritación de los ojos y del tracto respiratorio, edema pulmonar, dolor de garganta, náuseas, vómitos, diarrea y dolor abdominal (NCBI, 2021).</p>
VIA (Se)	<p>Conocidos también como calcógenos, la característica fundamental más valiosa de estos elementos es su naturaleza versátil para formar nuevos enlaces y nuevos compuestos; además, sus propiedades no son arbitrarias, sino que dependen de la estructura del átomo y varían con el número atómico de forma sistemática (Papoh, 2019). El selenio es un elemento mineral natural que se distribuye ampliamente en la naturaleza en la mayoría de las rocas y suelos. En la naturaleza generalmente se combina con sulfuro o con minerales de plata, cobre, plomo y níquel (NCBI, 2021).</p>	<p>(Se) Irritación de nariz, garganta, ojos y piel, dolor de cabeza, afecciones gastrointestinales y dérmicas (dermatitis) (NCBI, 2021).</p>

Elaborado por: Alvitres & Alvarez (2021)

**Tabla 1.7 Familias de metales grupo B**

Metales	Definición	Efectos de toxicidad
IB (Cu, Ag)	<p>El cobre es un metal presente en el medio ambiente, en rocas, suelo, sedimentos, agua y aire. Además, está presente en los seres humanos, plantas y animales lo cual lo hace indispensable para la vida.</p> <p>La plata, es un elemento natural y metálico que se encuentra presente en el medio ambiente combinado con otros elementos como sulfuro, cloruro y nitrato (NCBI, 2021).</p>	<p>(Cu) Irritación de ojos, nariz, faringe, perforación del tabique, dermatitis. Ante una sobredosis los síntomas a presentar son lesión hepática aguda y la ingesta puede resultar en una lesión hepática crónica.</p> <p>(Ag) Dolor de garganta, estómago, alteración gastrointestinal, irritación en la piel, nariz y tabique (NCBI, 2021).</p>
IIB (Cd, Zn)	<p>El cadmio es un elemento natural de la corteza terrestre. Se combina con elementos como oxígeno, azufre, cloro, presente en el suelo, roca, incluso en el carbón de tipo mineral.</p> <p>El zinc es un mineral, metal pesado y uno de los elementos más comunes en la corteza terrestre. Está presente en el aire, el suelo y el agua y está presente en todos los alimentos (NCBI, 2021).</p>	<p>(Cd) Dificultad para respirar, dolor de cabeza, garganta, musculares, náuseas, diarrea, vómitos, anemia leve, edema pulmonar.</p> <p>(Zn) Lesión hepática, dolor de garganta, tos, fiebre, enrojecimiento de ojos, dolor abdominal (NCBI, 2021).</p>
IIIB: (Lantánidos: Ce, Dy, Er, Gd, La, Sm, Yb, Eu, Lu, Nd, Pr, Tm, Ho)	<p>Denominados también como tierras raras, los lantánidos se originaron en dos materiales de sendas minas suecas (Itterby y Bastnäs), estos no se encuentran en la naturaleza de forma libre, sino que, se hallan en minerales como la parisita, monacita y otros (Echeverri & Parra, 2019).</p>	<p>Generalmente los lantánidos no son tóxicos, ya que no pueden atravesar membranas celulares; no obstante, pueden ser muy tóxicos si se administran por vía intravenosa. La toxicidad aguda, genera una brusca disminución de la presión arterial, seguida de colapso cardíaco y parálisis pulmonar, mientras que la toxicidad crónica se asocia a la hepatotoxicidad y aparición de edemas (Baran, 2007).</p>

Elaborado por: Alvitres & Alvarez (2021)

**Tabla 1.7 (Continuación) Familias de metales grupo B**

Metales	Definición	Efectos de toxicidad
IIIB: (Actínidos: Th, U)	Conocidos también como transuránicos, los actínidos se caracterizan por su inestabilidad radiactiva. No todos se encuentran en la naturaleza ya que fueron creados por el hombre, siendo el Uranio el de origen natural más antiguo (Quicaño, 2018).	(U) Daños a nivel renal, urinario, dérmico y alteraciones en la sangre, incluso puede causar cáncer de pulmón (NCBI, 2021). (Th) Enfermedades pulmonares, daño al hígado y alteraciones a nivel sanguíneo (leucemia) (CDC, 2021).
VB (V)	Es un compuesto presente en la naturaleza, este ocurre naturalmente y presente en las rocas y en la corteza terrestre, suele combinarse con compuestos como el sodio, cloruro u oxígeno (NCBI, 2021).	(V) Tos, náusea, diarrea, dolor estomacal, de cabeza, afección al sistema respiratorio, dérmico y posible cancerígeno (NCBI, 2021).
VIB (Cr)	El cromo es un elemento presente en el medio ambiente, está en las rocas, animales, plantas, suelo y en polvo y gases volcánicos. Este tiene tres formas cromo 0, cromo III y cromo VI (NCBI, 2021).	(Cr) Irritación de nariz, garganta, piel y ojos, causa daño pulmonar acumulativo (fibrosis pulmonar). También afecta al sistema inmunológico y renal (NCBI, 2021).
VIIB (Mn)	El manganeso es un metal de origen natural presente en diversos tipos de rocas, este se combina con otros compuestos (azufre, oxígeno o cloro); además se manifiesta naturalmente en los alimentos (CDC, 2021).	(Mn) Afecciones al sistema nervioso, respiratorio y reproductor (CDC, 2021).

Elaborado por: Alvitres & Alvarez (2021)



Tabla 1.7 (Continuación) Familias de metales grupo B

Metales	Definición	Efectos de toxicidad
VIII B (Fe, Co, Ni)	<p>El hierro es un metal pesado, está presente en la corteza terrestre y forma parte de minerales y óxidos.</p> <p>El cobalto es un elemento natural presente en rocas, suelo, agua, plantas y animales; además, es esencial para los mamíferos en pequeñas dosis.</p> <p>El níquel es un elemento presente en la naturaleza en abundancia, para formar aleaciones se combina con elementos como el oxígeno, azufre y cloro. Este metal se encuentra en los suelos, meteoritos, suelo oceánico y se emite en las erupciones volcánicas (NCBI, 2021).</p>	<p>(Fe) Causa daño hepático, náuseas, vómitos, dolor abdominal, diarrea, irritabilidad, debilidad, palidez.</p> <p>(Co) La exposición a niveles altos puede causar afecciones al corazón, pulmón y piel (dermatitis), tos, dificultad para respirar, incluso pérdida de peso.</p> <p>(Ni) Causa irritación de garganta, ojos, nariz y piel (dermatitis), dificultades respiratorias que pueden desencadenar en neumonitis y alergia (NCBI, 2021).</p>

Elaborado por: Alvitres & Alvarez (2021)



CAPÍTULO 2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

2.1 Estadística descriptiva

Es una rama de la estadística que proporciona una serie de datos a partir de la ordenación, descripción y clasificación de registros u observaciones que buscan estudiar la posible dependencia entre dos o más variables observadas (cualitativas o cuantitativas) o extraer conclusiones sobre el comportamiento de las mismas (Morales et al., 2017). Dicha información se organiza, resume o reduce a través del desarrollo de un conjunto de técnicas (de regresión o correlación) y se presenta de manera intangible y fácil de comprender (Flores et al., 2007).

Las gráficas son un aspecto importante en este modelo estadístico ya que permiten organizar la información de manera directa y visual (Gorgas et al., 2011). Los datos se pueden presentar en tablas, resúmenes, gráficos, histogramas, entre otros, el uso de cualquiera de estos dependerá del tipo de variable, cabe destacar que además de presentar la información permite identificar los aspectos sobresalientes de la información (Mendenhall et al., 2006).

2.1.1. Medidas de tendencia central. Son medidas estadísticas que resumen ‘en un solo valor a un conjunto de valores. Representan un centro en torno al cual se encuentra ubicado el conjunto de los datos’ (Quevedo, 2011). Las MTC (medidas de tendencia central) se forman en el modelo del grupo y se caracterizan por representar el valor de la unidad más representativa del conjunto en torno a la cual se dan las comparaciones para interpretar los resultados ya que como valor individual carece de relevancia (León & Pérez, 2019). Entre las MTC destacan la media, mediana y la moda:



2.1.1.1 Media. Es la MTC más utilizada, también conocida como promedio, se emplea como índice de centralización en muestras grandes y variables que siguen una distribución normal. La media hace referencia al punto de equilibrio de la distribución de los datos, se obtiene mediante la suma de todos los valores individuales de un conjunto de datos para el número total de los valores (Rendón et al., 2016).



2.1.1.2 Mediana. Es un estadígrafo de posición que evidencia el valor central de un conjunto de datos (ordenados de manera ascendente), de forma que del 100 % de datos distribuye el 50 % por encima de él y el otro 50 % por debajo de él (Posada, 2016). Es decir, divide los datos en dos grupos con la misma cantidad de observaciones donde uno contiene valores mayores o iguales a la mediana y el otro, valores menores o iguales (Quevedo, 2011).

2.1.1.3 Moda. De importancia en las variables de tipo cualitativa. Es el valor que más se presenta (se repite) en un conjunto de datos; es decir, el valor de más frecuencia. Es útil para la descripción de grupos de datos nominales y ordinales; sin embargo, su desventaja radica en la carencia de moda en estudios o la presencia de varias modas (Salazar & Castillo, 2017).

2.1.1.4 Asimetría. También denominado sesgo, se manifiesta cuando en la distribución se presenta valores extremos demasiado altos o bajos (asimetría izquierda o asimetría derecha); es decir, presenta una tendencia de estos hacia uno de los extremos, lo cual influye en la media y la mediana por ende toma un valor menor o mayor a la mediana (Posada, 2016).

2.1.1.5 Curtosis. O coeficiente de apuntamiento, permite examinar la concentración de datos en función de los valores medios de la muestra, la curtosis diferencia tres tipos de distribución (leptocúrtica, mesocúrtica o platocúrtica), si los datos se concentran en su mayoría al promedio será de forma alargada y más plana es platocúrtica, si el apuntamiento es de distribución normal es mesocúrtica y si es alta, leptocúrtica (Salazar & Castillo, 2017).

2.1.2. Medidas de dispersión. Permiten medir cuánto se alejan los valores de la variable de la media (que tan parecido o distintos son los datos de una población entre sí); es decir, la posible desviación de los datos. Asimismo, permite identificar la variabilidad que los datos pueden tener en relación con una medida central. Los estadígrafos más representativos son rango intercuartil, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación (Morales et al., 2017).



2.1.2.1 Varianza. La varianza resulta del promedio obtenido de la suma de las desviaciones al cuadrado en relación con la media. Permite comparar la dispersión entre dos o más variables para identificarla de mayor dispersión; es decir, la de mayor varianza (Morales et al., 2017).

2.1.2.2 Desviación estándar. Comprende la raíz cuadrada positiva de la varianza, su valor es mayor o igual a cero, si el valor es igual a cero los datos de la muestra están concentrados en un mismo punto, si es mayor a cero, la variabilidad está presente con respecto a la media. Cabe destacar que la desviación estándar no puede ser un número negativo (Matos et al., 2020).

2.1.3. Residuos. Resulta de las diferencias entre los valores observados de la variable respuesta y los valores que proporciona el ajuste (el estimado del regresando) (Faraldo & Pateiro, 2013).

2.1.4. Frecuencia. Estas pueden ser simple/absoluta o relativa en porcentaje, la simple resulta de la suma de los eventos (número de veces) en cada categoría y la relativa se logra dividiendo cada suma de eventos de dicha categoría entre el total de las mediciones; es decir, la fracción o proporción de veces que ocurre el valor (Rendón et al., 2016).

2.2 Estadística inferencial

Es una rama de la estadística que se encarga de tomar decisiones respecto al comportamiento de una variable de interés definida en la población en estudio, la cual se escoge al azar para llegar a obtener conclusiones o generalizaciones de la población mediante el empleo de métodos que permiten determinar las propiedades de la población a partir del estudio de los datos de una muestra tomada (Matos et al., 2020).

Esta rama de la estadística se aplica en los tratamientos con nuevos fármacos o en la proyección de la influencia de la publicidad en los segmentos del mercado. Dichas aplicaciones han permitido que la estadística inferencial sea eficiente en el manejo de poblaciones ya que analiza o investiga a una población a partir de los datos de una muestra (Salazar & Castillo, 2017).



Por otro lado, es importante conocer sobre las pruebas estadísticas las cuales se dividen en dos grupos, las pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas. Para saber a qué grupo se ajusta la prueba se debe tomar en cuenta la escala de medición de las variables (cualitativas o cuantitativas), a las paramétricas se les atribuye las cuantitativas continuas mientras que a las no paramétricas, las cuantitativas discontinuas (Flores et al., 2017).

a) Pruebas paramétricas. Asumen que los datos presentan ciertas distribuciones estadísticas, generalmente la normal; sirven para realizar inferencias. Cabe destacar que para su uso se deben cumplir con criterios de validez para que el resultado se pueda considerar fiable.

b) Pruebas no paramétricas. Llamadas pruebas de distribución libre, la distribución de estas pruebas no se ajusta a los criterios paramétricos, se recomienda su empleo cuando no se puede asumir que los datos se ajustan a una distribución conocida, cuando el nivel de medida empleado no sea como mínimo de intervalo (Reyes et al., 2018).

2.2.1 Pruebas de normalidad. Las pruebas de normalidad se aplican antes de intervenir en los datos para poder determinar qué tipo de prueba estadística se aplicará. Además, permite visualizar las distribuciones de valores y detectar posibles errores (Droppelmann, 2018). En la Tabla 2.1 se especifican las pruebas utilizadas para este estudio.



Tabla 2.1 Pruebas de normalidad

Nombre	Descripción	Ecuación
Shapiro - Wilk	Es uno de los métodos empleados para demostrar la normalidad de un conjunto de datos. Esta prueba se emplea cuando el tamaño muestral es igual o menor a cincuenta (Romero, 2016). Para efectuarla se calcula la media, varianza muestral y se las organiza de menor a mayor. Posteriormente se calculan las diferencias entre el primero, el segundo y el tercero versus el último, penúltimo y antepenúltimo, y se proceden a corregir con los coeficientes tabulados por Shapiro y Wilk (UB, 2016).	<p>Prueba estadística</p> $W = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ <p>Con: $b = \sum_{i=1}^n a_i [X_{(n-i-1)} - x_i]$ $Y, a_i = m'V^{-1}(m'V^{-1}m)^{-1/2}$</p> <p>Donde: $[X_{(n-i-1)} - x_i]$ = Son las diferencias sucesivas obtenidas al restar el primer valor al último valor, el segundo al antepenúltimo y así sucesivamente. a_i= coeficientes tabulados en la tabla de Shapiro, $m = (m_1, \dots, m_n)$; son los valores medios del estadístico ordenado V = es la matriz de covarianzas de ese estadístico de orden. Fuente: (Flores et al., 2019).</p>

1

Elaborado por: Alvitres & Alvarez (2021)

**Tabla 2.1 (Continuación) Prueba de normalidad**

Nombre	Descripción	Ecuación
Jarque Bera	Es una prueba de muestras grandes y constituye una prueba de hipótesis conjunta de que el coeficiente de asimetría y el coeficiente de curtosis sea 0 y 3, por lo que en este caso se esperaría que el valor estadístico sea 0, determinando así que la variable en estudio está distribuida normalmente (Pereira & Trujillo, 2019).	$JB = n \left(\frac{S^2}{6} + \frac{(k-3)^2}{24} \right)$ <p style="text-align: right;">2</p> <p>S = coeficiente de asimetría k = coeficiente de curtosis La hipótesis nula de normalidad se rechaza cuando $JB > JB_{c,\alpha}$ $JB_{c,\alpha}$ = valor crítico de una distribución chi cuadrado, que deja a la derecha un área de α con 2 grados de libertad. Fuente: (Pereira & Trujillo, 2019).</p>
Pearson Chi - Square	Es una de las pruebas más usadas para la evaluación de datos de conteo o frecuencias, se usa para encontrar si existe alguna correlación entre las variables no numéricas que se utilizan con frecuencia en estudios estadísticos. Los criterios a cumplir para aplicar esta prueba es que las observaciones deben ser recopiladas al azar y los elementos de la muestra deben ser independientes (Sölpük, 2020).	Prueba estadística: $X^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ <p style="text-align: right;">3</p> <p>O_i = Valor observado E_i = Valor esperado Fuente: (Sölpük, 2020).</p>

Elaborado por: Alvitres & Alvarez (2021)



2.2.2. Homogeneidad de varianzas. También conocido como contraste de homocedasticidad, es un análisis que se considera una propiedad importante para la aplicación de métodos inferenciales paramétricos. Este postula que la varianza es constante en los diferentes niveles de un factor entre diferentes grupos; es decir, no varía. No existen problemas si las varianzas son iguales entre los grupos, sin embargo, existen problemas si las varianzas no son iguales entre los grupos, su importancia radica en que es una de las principales propiedades de bondad de ajuste que un grupo de datos debe tener (López & Fachelli, 2015). En la Tabla 2.2 se encuentran las pruebas utilizadas para determinar la homocedasticidad en este estudio.

Tabla 2.2 Pruebas de homocedasticidad

Nombre	Descripción	Ecuación
Bartlett	Esta prueba es la más empleada para evidenciar la homogeneidad de las varianzas. (Si k muestras tienen varianzas iguales). La misma requiere los N_i , no requieren ser iguales no obstante no debe ser inferior a tres o mayor a cinco (Garcia, 2017).	$T = \frac{(N - k) \ln S_p^2 - \sum_{i=1}^k (N_i - 1) \ln S_i^2}{1 + \left(\frac{1}{3(k-1)}\right) \left(\left(\sum_{i=1}^k \frac{1}{(N_i - 1)}\right) - \frac{1}{(N - k)}\right)}$

4

S_i^2 = Varianza del i-ésimo grupo
 N = Tamaño total de la muestra
 N_i = Tamaño de la muestra del i-ésimo grupo
 k = Número de grupos
 S_p^2 = La varianza agrupada (promedio ponderado de las variables del grupo)
 Fuente: (Garcia, 2017).

Elaborado por: Alvitres & Alvarez (2021)

**Tabla 2.2 (Continuación) Pruebas de homocedasticidad**

Nombre	Descripción	Ecuación
Levene	Esta prueba rechaza la hipótesis que postula que las varianzas son iguales con un nivel de significancia; además, esta prueba ofrece una opción más robusta que el procedimiento de la prueba de Bartlett al ser menos sensible a la desviación de la normalidad reduciendo la probabilidad de que rechace una verdadera hipótesis de igualdad de varianzas al no ser normales las distribuciones de la población muestreadas (Correa et al., 2006).	$W = \frac{(N - k) \sum_{i=1}^k n_i (\bar{Z}_i - \bar{Z}_{..})^2}{(k - 1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{Z}_{ij} - \bar{Z}_{i.})^2}$

5

Donde \bar{Z}_{ij} puede tomar tres valores:

$Z_{ij} = |X_{ij} - \bar{X}_i|$ donde \bar{X}_i es la media de los i -ésimo subgrupos.

$Z_{ij} = |X_{ij} - \tilde{X}_i|$ donde \tilde{X}_i es la mediana de los i -ésimo subgrupos.

$Z_{ij} = |X_{ij} - \bar{X}'_i|$ donde \bar{X}'_i es la media recortada al 10 % de los i -ésimos subgrupos.

$\bar{Z}_{..}$ es la media global de \bar{Z}_{ij} y $\bar{Z}_{i.}$ es la media del i -ésimo subgrupo de los Z_{ij}

Fuente: (Correa et al., 2006)

Elaborado por: Alvitres & Alvarez (2021)



Tabla 2.2 (Continuación) Pruebas de homocedasticidad

Nombre	Descripción	Ecuación
Fligner Killeen	Esta prueba evidencia la homogeneidad de la varianza, el test es idóneo cuando los datos no están distribuidos normalmente o si hay problemas con valores atípicos en el grupo de datos; además, es menos sensible a desviaciones del supuesto de normalidad (García, 2017).	$x = \frac{\sum_{i=1}^k n_i (\bar{a}_i - \bar{a})^2}{\sum_{j=1}^N \frac{(\bar{a}_{N,i} - \bar{a})^2}{(n-1)}}$ <p> n_i = es el tamaño del i-ésimo grupo $\bar{a}_i = \sum_{j \in G_i} a_{N,j} / n_i$ donde G_i denota la muestra de la población i. $i = 1, \dots, k$. Y, $\bar{a} = \sum_{j=1}^N a_{N,j} / n_i$ es la media de los valores de normalización para el i-ésimo grupo $\bar{a}_{N,i} = \vartheta^{-1}(1/2 + i/2(N+1))$, para $i = 1, \dots, N$ donde $\vartheta(z)$ es la distribución acumulada $N(0;1)$ de $-\infty$ y así $\vartheta^{-1}(p)$ es percentil 100p de la distribución $N(0,1)$. es la media de todos los valores de normalización denota la muestra de la población Fuente: (García, 2017). </p>

6



2.2.3. Prueba de independencia

2.2.3.1 *Chi cuadrado*. Es una prueba de libre distribución que mide la discrepancia de una distribución de frecuencias observadas, esta toma valores entre cero e infinito de tipo positivo porque es la suma de valores elevados al cuadrado, la muestra debe ser lo suficientemente grande. Esta prueba tiene tres usos, el primero como prueba de bondad de ajuste, de independencia o de homogeneidad. Cabe destacar que es una de las técnicas más empleadas en la evaluación de conteo o frecuencias, más aún, en tablas de contingencia (Mendivelso & Rodríguez, 2018).

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \left[\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \right]$$

7

O_i = Valor observado

E_i = Valor esperado

Fuente: (Mendivelso & Rodríguez, 2018)

2.2.4. Diferencias de medias

2.2.4.1 *ANOVA*. La finalidad de esta prueba es examinar la relación de dependencia entre variables cuantitativas respecto a las cualitativas que permita probar la hipótesis sobre la existencia de diferencias significativas del fenómeno observado. Las variables dependientes se miden en una escala cuantitativa que se consideran explicadas, mientras que las variables independientes son cualitativas.

a) **ANOVA de una vía para datos independientes**, conocida también como ANOVA unifactorial, este modelo considera una variable dependiente cuantitativa (univariable) y una variable independiente cualitativa (unifactorial) entre el diseño las muestras independientes.



b) ANOVA de dos vías para datos independientes, llamado ANOVA multifactorial, este diseño considera una variable dependiente cuantitativa (univariable) y dos o más variables independientes cualitativas (multifactorial) entre el diseño de muestras independientes. El diseño se puede dar por no interacción y por interacción de las variables independientes (López & Fachelli, 2015).

c) ANOVA para datos dependientes o pareados, o también ANOVA de medias repetidas, llamados pareados cuando se expresa en las mismas unidades de medición la misma variable numérica y debe existir una relación natural entre ellas. Cuando se toma en cuenta la ‘pareación’, no se considera la variación entre los individuos (Yamamoto, 2015).

2.2.4.2 Kruskal Wallis. Es una prueba estadística no paramétrica para determinar si existen diferencias entre tres o más grupos muestreados de forma independiente. Cabe destacar que no asume normalidad en los datos, y si lo hace, será bajo hipótesis nula donde los datos provienen de la misma distribución. Para su aplicación se debe conocer el total de unidades experimentales y el número de muestras ya que no siempre se pueden dar el mismo número de repeticiones (McKight & Najab, 2010; Nuñez, 2018).

2.2.4.3 Prueba entre pares T (Pairwise T Test). Es una prueba paramétrica perteneciente a las llamadas pruebas ‘post hoc’, se utiliza cuando el número de grupos a comparar es mayor que 2, y se identifican qué grupos son significativamente diferentes a otros (Ruxton & Beauchamp, 2008).

2.2.4.4 Prueba entre pares Wilcoxon (Pairwise Wilcoxon). Es una contraparte no paramétrica de la prueba entre pares T, se utiliza cuando el número de grupos a comparar es mayor que 2, y se identifican qué grupos son significativamente diferentes a otros (Trawinski et al., 2012).

2.3 Estadística multivariada

Es una rama de la estadística permiten establecer niveles de asociación y agrupamiento entre datos y variables, a su vez, la organización de la información en nuevas estructuras permitiendo su presentación de manera accesible y resumida sin reducir demasiado la información original. La estadística multivariada ofrece diversas técnicas multivariadas



en función de las características específicas del estudio en cuestión, las que más destacan son el análisis de grupos, llamado también análisis de Clúster y el análisis de componentes principales (ACP) (De la Rosa et al., 2021).

2.3.1. Clúster. Se emplea para formar grupos que comparten características a partir de similitudes o disimilitudes presentes entre pares. Esta prueba ubica a los individuos desconocidos pero sugeridos por la esencia de los datos en clústeres (grupos homogéneos conglomerados), de manera que los individuos similares puedan ser ubicados en el mismo grupo. Para efectuar dichas agrupaciones pueden ser de dos tipos, las técnicas jerárquicas aglomerativas y las técnicas no jerárquicas, la primera hace referencia a la formación de grupos sucesivos a partir de la disponibilidad de grupos y elementos, y la segunda permite formar grupos preestablecidos destacando el método de k-medias (De la Rosa et al., 2021).

2.3.1.1 Distancia Euclidiana. Es una medida de disimilitud que ‘se define como la distancia existente entre dos píxeles etiquetados’ (Magaña et al., 2017). La distancia euclidiana es el resultado de la raíz de la suma de las diferencias al cuadrado entre los vectores de los actores (columnas de la matriz de adyacencia).

2.3.1.2 Método Ward.D. Es un método que une dos clústeres en cada etapa mediante un procedimiento jerárquico para que dentro de cada clúster se tenga el menor incremento en el valor total de la suma de los cuadrados de las diferencias (errores) y a su vez busca clústeres en el espacio euclidiano multivariado (Peña, 2019). Y ‘utiliza la distancia entre conglomerados que cumple con el objetivo de buscar grupos que tengan menos varianza dentro de cada grupo, como criterio de homogeneidad estadística’ (Espinel, 2015).

2.3.2. Análisis de Componentes Principales. Esta técnica estadística empleada en los análisis de datos para el estudio de las relaciones entre las variables cuantitativas sin considerar estructura, variables o individuos a priori (Olivares, 2014). Esta consiste en la descomposición lineal del conjunto de variables multivariantes correlacionadas respecto a las funciones de base ortogonal reduciendo el número de variables y suprimiendo la correlación entre ellas para presentar la información con menos variables (Polanco, 2016).



De acuerdo a la naturaleza de los datos, a veces es recomendable pre-procesarlos. Las técnicas más comunes son el centrado y el escalado.

2.3.2.1 Centrado. Se resta el valor medio de cada una de las columnas, esta acción es fundamental en los métodos lineales. El centrado se ve más convenientemente como un paso de protección, donde los datos se proyectan en ciertos espacios bien definidos dentro de un modo dado y debe realizarse solo si hay compensaciones comunes en los datos o si el modelado de dichas compensaciones proporciona un modelo aproximadamente razonable (Bro & Smilde, 2003).

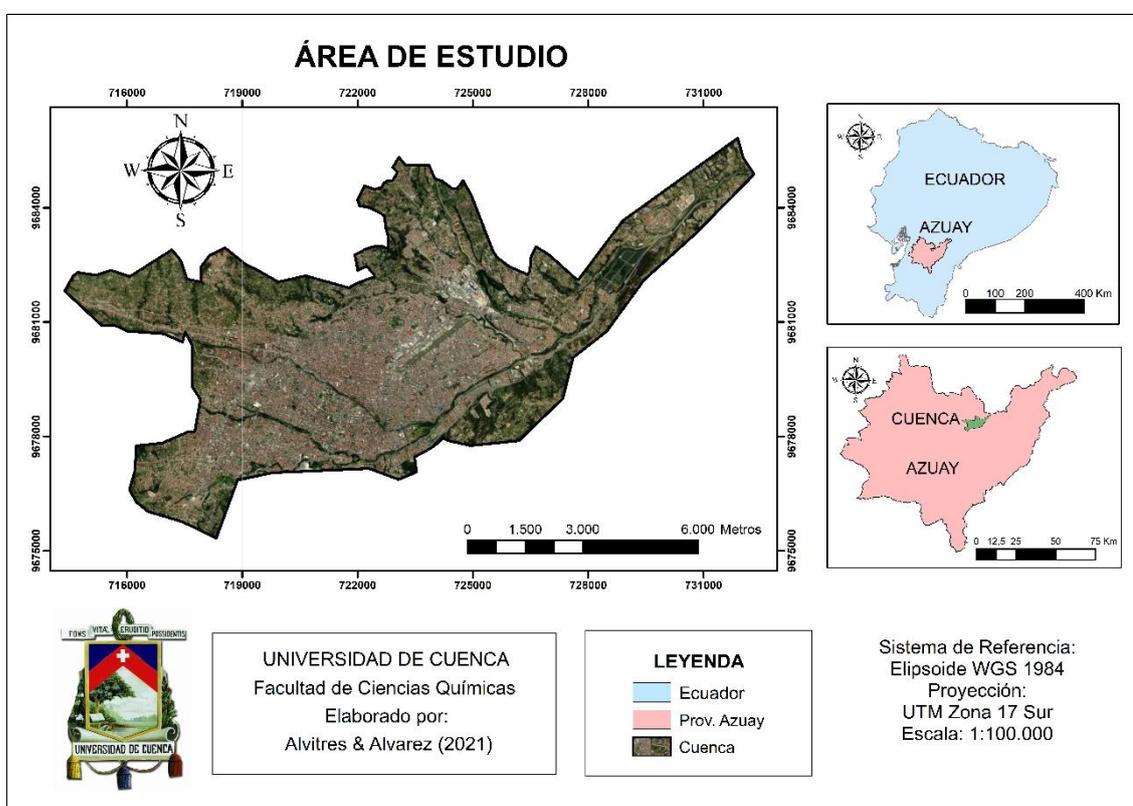
2.3.2.2 Escalado. Es la transformación de un espacio particular de la variable. En lugar de ajustar el modelo a los datos originales, el modelo se ajusta a los datos transformados por una matriz de escala diagonal en el modo cuyas variables se van a escalar. Esto significa que las matrices enteras en lugar de las columnas deben escalarse con el mismo valor en el análisis de tres vías (Bro & Smilde, 2003).

CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Población, muestra y muestreo

Las muestras para el estudio se obtuvieron de lugares seleccionados dentro de la delimitación de la ciudad de Cuenca, Ecuador. Como se puede observar en el Mapa 3.1.

Mapa 3.1 Área de estudio



Fuente: Sistema de Coordenadas UTM Zona 17S, Datum WGS 1984.

Elaborado por: Alvitres & Alvarez (2021)

Para la elección de los puntos de muestreo, primero se realizó un listado de los puntos identificados de venta de papas, entre ellos, se encontraban supermercados, mercados y mercados orgánicos, tal y como se muestra en la Tabla A 1, del Anexo 1. Posteriormente, se visitó cada localidad para determinar si en el lugar se vende una o las dos variedades



de papa utilizadas para este estudio, variedad Chaucha Amarilla e INIAP Cecilia; además, se investigó la procedencia del producto.

Al finalizar el recorrido por cada una de las localidades, se realizó un listado de las que contenían las variedades de papa necesarias y el lugar de procedencia, como se visualiza en el Tabla A 2 en el Anexo 1.

Se adquirieron muestras de 5 supermercados y 6 mercados, a continuación, en la Tabla 3.1 se localizan los sitios de muestreo con sus coordenadas y la codificación colocada a cada uno.

Tabla 3.1 Coordenadas de los sitios de muestreo

Variedad de Papa	Localidad	Codificación	Coordenada X	Coordenada Y
Chaucha Amarilla	10 de Agosto	10A	721472	9679358
	12 de Abril	12A	723161	9678963
	27 de Febrero	27F	721479	9677889
	3 de Noviembre	3N	721127	9679988
	9 de Octubre	9O	722184	9679769
	Feria Libre	FL	719182	9679522
INIAP Cecilia	Coral El Batán	CRL	719868	9679559
	Supermaxi Las Américas	SGG	719622	9680403
		SEA	719622	9680403
		SMO	719622	9680403
	Almacenes TÍA	TIA	719246	9679337

Fuente: Sistema de Coordenadas UTM Zona 17S, Datum WGS 1984.

Elaborado por: Alvitres & Alvarez (2021)

3.2 Métodos

3.2.1. Recolección de materia prima. Se realizó un doble muestreo en 11 puntos de la ciudad para las dos variedades de papa; 6 de la variedad Chaucha Amarilla y 5 de INIAP Cecilia, en total 22 muestras de papas. Para que la muestra sea representativa, se compró 1 kg por cada punto de la ciudad por cada muestreo.

Las papas se colocaron dentro de una bandeja de plástico para su ventilación, y con ayuda de una cinta y un marcador se rotularon para identificar su procedencia, posteriormente,



fueron transportadas al laboratorio y colocadas en un lugar oscuro para que la brotación se retrase hasta ser analizadas. Teniendo en cuenta que, por cada muestra se separa la pulpa y la cáscara, se obtuvo un total de 44 muestras.

3.2.2. Preparación de muestras. Las papas se lavaron con agua del grifo durante 1 minuto con ayuda de una esponja plástica para eliminar restos de suelo que pudieran encontrarse, después se realizó un baño en agua destilada durante 30 segundos. Posteriormente, el secado se realizó con un paño para después proceder; con ayuda de un cuchillo de zirconio, con el pelado de forma manual retirando máximo 1 mm de grosor de la cáscara. Una vez separada la cáscara de la pulpa, se cortaron pequeños trozos de 2 cm por lado; finalmente, se realizó dos cuarteos para cáscara y para pulpa. En el segundo cuarteo se procedió a moler hasta obtener una textura uniforme con el uso de un mortero de porcelana. Con la balanza analítica KERN ABT100-5M, se pesaron las muestras, tomando en cuenta 4 decimales de confianza.

3.2.3. Determinación de Nitratos. La extracción se realizó una vez a través de maceración en agua destilada. Para esta variable se tomaron 20 g de muestra tanto para cáscara como para pulpa y se añadió 100 ml de agua destilada en un matraz de Erlenmeyer cubierto por papel toalla, a las 24 h se realizó una agitación por 5 segundos y después de 24 h adicionales se extrajo la muestra (Hualpa, 2019). Se procedió al filtrado con algodón para eliminar los sólidos de la papa, luego se añadió carbón activado para eliminar el color y coloides presentes en la solución (US & UDC, 2011); por último, se realizó una filtración con papel filtro para eliminar el carbón activado. Para seguir con el análisis de muestras en el Espectroscopio UV- visible Thermo SCIENTIFIC Evolution 60, estas debían ser transparentes y sin color perceptible.

3.2.4. Determinación de Metales. En el pretratamiento para determinar la cantidad de metales se utilizó la mineralización con ácido nítrico (Bianchini & Eyherabide, 1998). Primero se pesaron 20 g de muestra, tanto para cáscara, como para pulpa y se realizó un secado en la estufa Continental Equipment a 105 °C por 24 h, posteriormente las muestras se humectaron con 1 ml de ácido nítrico al 65 % de pureza y se llevó a cabo una calcinación vía seca en la mufla Nabertherm a 550 °C en crisoles de sílice durante 6 horas o hasta que se encuentre completamente calcinado. Luego, la muestra se aforó a 50 ml con agua destilada y se efectuó un filtrado para eliminar posibles interferencias, por último, se colocaron en envases plásticos para transportarlas al laboratorio de Análisis



Químico de Agua y Suelo del Departamento de Recursos Hídricos de la Universidad de Cuenca.

La detección y cuantificación de metales se realizó a través de un análisis multi elemental de elementos traza, esta técnica permite cuantificar elementos por su alta sensibilidad (UBU, 2019). El equipo utilizado para dicha detección fue el ICP-MS Perkin Elmer por su alta precisión, exactitud y bajos niveles de detección, se utilizó método 200.8 EPA y se realizó la lectura de dos de los datos estándares utilizados en la curva de calibración cada 20 muestras (Díaz, 2017; US EPA, 1994).

3.3 Análisis estadístico de los datos

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software estadístico R y la interfase RStudio Version 1.2.5033 © 2009-2019 RStudio, Inc.

Para comprobar la Normalidad, se realizaron Histogramas y Gráficos Q-Q (Cuantil-Cuantil), las pruebas estadísticas utilizadas fueron Shapiro Wilk, Jarque Bera y Pearson. Para comprobar la Homocedasticidad, se compararon gráficamente los rangos intercuartílicos a través de gráficos de ‘Cajas y Bigotes’, las pruebas estadísticas utilizadas fueron Bartlett, Levene y Fligner Killeen, siendo el último una prueba no paramétrica, la cual tendrá mayor respaldo para muestras que no presenten normalidad. Además, el supuesto de independencia se comprobó con la prueba Chi Cuadrado para independencia. Las comparación de medias de las muestras que cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se realizaron con las prueba paramétrica estadística ANOVA y en los casos que no se cumplieron los supuestos se utilizó la prueba no paramétrica Kruskal Wallis (utilizando mediana como medida de centralización); si a través de las pruebas mencionadas se encontraban diferencias significativas, se aplicaba una prueba para ver diferencias entre pares tipo T (Pairwise T Test) prueba paramétrica o la prueba no paramétrica de Wilcoxon (Pairwise Wilcoxon). Así se pudo conocer entre qué pares se presentaban diferencias.

Para ejecutar el análisis clúster, se utilizó el método de Ward, un procedimiento jerárquico para formar grupos homogéneos dentro de ellos y heterogéneos entre ellos. Para ello, se especificó al programa formar 7 conglomerados. El análisis de componentes principales



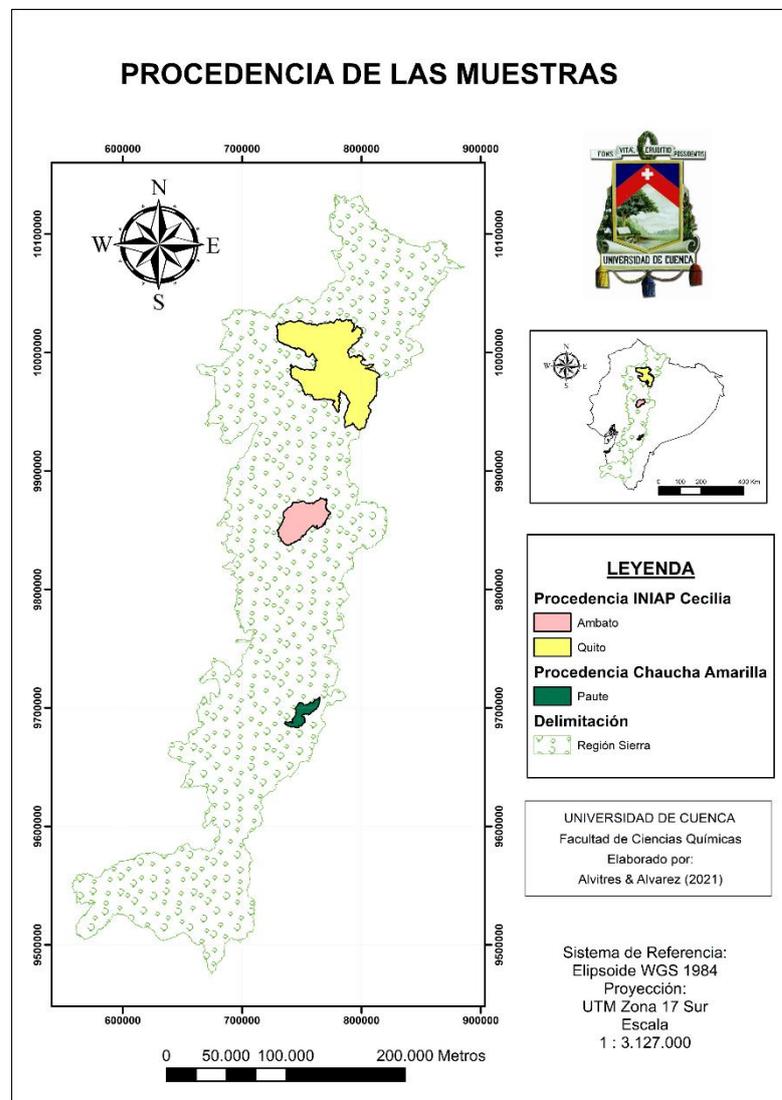
se utilizó para identificar principales elementos que explican la varianza de los datos, el análisis se aplicó a tres grupos: Metales Totales (que representa a todos los metales analizados), Metales Tóxicos y Metales del Grupo IIIB. En el Anexo 4, Figura A 4, se muestra mediante un diagrama de Euler cómo está conformado cada conjunto de datos.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Origen de las papas

Se determinó que las muestras procedían de 3 cantones del Ecuador, tal y como se muestra en el Mapa 4.1, los cuales son Paute para la Chaucha Amarilla, mientras que para la INIAP Cecilia fueron Quito y Ambato. En el Mapa 4.2 se detalla el mapa de ubicación de los sitios donde se obtuvieron las muestras.

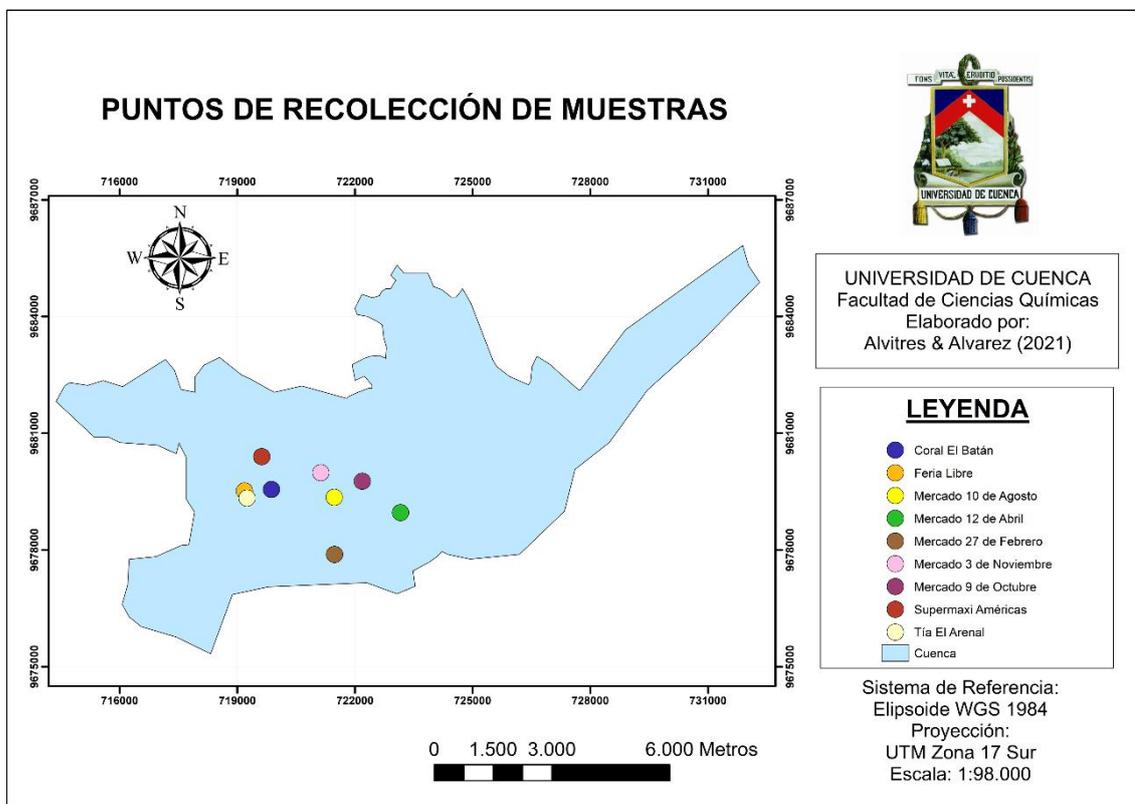
Mapa 4.1 Lugares de procedencia de papas Chaucha Amarilla e INIAP Cecilia



Fuente: Sistema de Coordenadas UTM Zona 17S, Datum WGS 1984.
Elaborado por: Alvitres & Alvarez (2021)



Mapa 4.2 Puntos de recolección de las muestras de papa Chaucha Amarilla e INIAP Cecilia



Fuente: Sistema de Coordenadas UTM Zona 17S, Datum WGS 1984.
Elaborado por: Alvitres & Alvarez (2021)

Con un total de 11 muestras y 9 puntos de muestreo, se debe recalcar que, en el punto ‘Supermaxi Américas’ se adquirieron 3 muestras de la misma variedad de papa, sin embargo, estas no pertenecen a la misma distribuidora, por lo que se consideraron como muestras independientes. Además de ello, es conveniente describir que las condiciones de las muestras variaban entre supermercados y mercados, entre ellas se destaca la limpieza y forma de venta, por ejemplo, dentro de los supermercados, se obtuvieron las muestras empacadas y limpias, exceptuando el Coral ‘El Batán’ donde sí se encontraban limpias pero las expendían al granel, por otra parte, en los mercados se venden siempre a granel y estas suelen tener contacto directo con otros productos, sean cebollas, plátanos u otras variedades de papa; además, se podían conseguir las muestras previamente lavadas o libres de suelo en todos los mercados, con excepción de la Feria Libre.



Lo anteriormente expuesto, son variables que no se tomaron en cuenta dentro de la investigación pero que podrían interferir en los datos obtenidos, uno de los ejemplos sería la contaminación cruzada de la muestra antes de la compra, por contacto con otros productos, contaminación al momento del transporte, por manipulación, etc. A estas variables, se suma la variable de siembra y cosecha de las muestras, donde interviene el uso de diferentes agroquímicos cuyas composiciones desconocemos, al igual que la composición química del suelo donde fueron sembradas las muestras. El suelo donde se cosechan los alimentos tiene gran importancia tanto para el buen desarrollo de los mismos, como para la evaluación de la mineralogía de estos, ya que, el humus interviene en una fase de mineralización donde se liberan los minerales que luego absorberán las plantas (Julca et al., 2006). A su vez, el agua que se utiliza para el riego de los mismos tiene un impacto muy importante en el contenido de los minerales en las plantas. Anawar et al. (2008) y Carbonell et al. (1998), mencionan que la acumulación de As se puede ver afectada por las características de la especie, la condición del suelo y empleo de agroquímicos.

Espinosa (2004) detalla en su artículo sobre el potencial de fijación de P en suelos volcánicos Andisoles y la producción de papa, concluye que, esta fijación no dependerá tanto del suelo, sino también del cultivo, pues, diferentes cultivos tuvieron diferentes porcentajes de P en el mismo suelo Andisol. A su vez, Jácome (2011), detalla en su tesis 'Evaluación del impacto de la ceniza volcánica emitida por el volcán Tungurahua, sobre los suelos destinados a la explotación agrícola (Cantón Quero)', que los suelos donde hubo alta presencia de ceniza volcánica, existen valores de pH bajos (3.8 a 5.0), que según el autor, se relaciona a la cantidad de azufre volcánico y la presencia de agua, esto reafirmado a la gran cantidad de S en el suelo, a su vez, el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, presentaron una mayor concentración en el suelo derivado de cenizas volcánicas a comparación de un suelo sin cenizas volcánicas.

El tipo de suelo podría también afectar, por ejemplo, en Paute el suelo Inceptisol es donde se da la agricultura. Este suelo posee propiedades físicas y químicas variables debido a los procesos de translocación de materiales o meteorización extrema (GADM Paute, 2020). Se debe agregar el hecho que, las muestras a pesar de provenir del mismo proveedor como podría ser el caso de los supermercados, no quiere decir que estas hayan



sido sembradas en la misma parcela, por lo que las variables de siembra cambiarán entre ambas muestras, o también, a pesar de haber sido los mismos puntos de compra no quiere decir que provengan del mismo proveedor.

4.2 Concentraciones

Se determinaron las concentraciones de metales y nitratos en miligramos contenidos en 100 gramos de papa, ya sea cáscara o pulpa por cada variedad; los resultados se pueden ver en la Tabla 4.1.

**Tabla 4.1 Reporte de concentraciones de nitratos y metales en mg/100 g de muestra**

	Cáscara Chaucha Amarilla	Pulpa Chaucha Amarilla	Cáscara INIAP Cecilia	Pulpa INIAP Cecilia
	Media (D.E.) [Mín. - Máx.]			
Nitratos	16.43 (1.63) [14.32 - 18.21]	14.12 (3.75) [10.39 - 20.7]	13.4 (6.3) [5.85 - 22.86]	17.37 (4.86) [14.09 - 25.59]
Al	1.80 (1.02) [0.52 - 3.44]	0.93 (0.26) [0.67 - 1.28]	0.94 (0.25) [0.71 - 1.31]	1.08 (0.42) [0.71 - 1.73]
Ba	0.17 (0.13) [0.05 - 0.36]	0.13 (0.15) [0.03 - 0.40]	0.10 (0.08) [0.03 - 0.20]	0.03 (0.01) [0.01 - 0.04]
Ca	3.26 (1.47) [1.86 - 5.98]	1.90 (0.65) [1.52 - 3.22]	3.68 (0.43) [3.34 - 4.35]	1.93 (0.42) [1.49 - 2.6]
Fe	0.34 (0.17) [0.13 - 0.61]	0.19 (0.06) [0.11 - 0.27]	0.23 (0.06) [0.16 - 0.32]	0.22 (0.02) [0.19 - 0.25]
K	819.8 (105.27) [679.7 - 923.4]	771.8 (94.31) [664.76 - 887]	855.1 (84.96) [711.6 - 937.4]	797.3 (87.69) [684 - 913]
Mg	9.02 (2.46) [4.4 - 11.3]	12.04 (1.75) [9.49 - 14.24]	10.64 (1.5) [9.07 - 12.23]	10.02 (1.4) [7.82 - 11.16]
Mn	0.13 (0.06) [0.07 - 0.23]	0.10 (0.00) [0.09 - 0.11]	0.05 (0.01) [0.04 - 0.07]	0.08 (0.01) [0.06 - 0.10]
Na	1.72 (0.25) [1.453 - 2.05]	1.60 (0.49) [1.05 - 2.12]	1.94 (0.81) [0.94 - 3.18]	1.9 (0.6) [1.15 - 2.71]
P	14.16 (3.81) [7.87 - 18.28]	14.92 (2.49) [10.63 - 17.16]	20.04 (3.73) [16.84 - 26.45]	21.79 (4.23) [17.73 - 28.32]
Rb	0.59 (0.26) [0.32 - 0.92]	0.51 (0.19) [0.31 - 0.71]	0.18 (0.11) [0.06 - 0.32]	0.13 (0.1) [0.06 - 0.28]
Zn	0.15 (0.04) [0.10 - 0.18]	0.14 (0.04) [0.09 - 0.18]	0.10 (0.02) [0.08 - 0.13]	0.09 (0.02) [0.08 - 0.12]

LD: Por debajo de los límites de detección

Mín.: Mínimo

Máx.: Máximo

D.E.: Desviación Estándar

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

**Tabla 4.1 (Continuación) Reporte de concentraciones de nitratos y metales en mg/100 g de muestra**

	Cáscara Chaucha Amarilla	Pulpa Chaucha Amarilla	Cáscara INIAP Cecilia	Pulpa INIAP Cecilia
	Media*10 ⁻³ (D.E.) [Mín.*10 ⁻³ - Máx.*10 ⁻³]	Media*10 ⁻³ (D.E.) [Mín.*10 ⁻³ - Máx.*10 ⁻³]	Media*10 ⁻³ (D.E.) [Mín.*10 ⁻³ - Máx.*10 ⁻³]	Media*10 ⁻³ (D.E.) [Mín.*10 ⁻³ - Máx.*10 ⁻³]
Ag	0.08 (0.00) [0.04 - 0.13]	0.1 (0.00) [0.05 - 0.17]	0.11 (0.00) [0.04 - 0.24]	0.06 (0.00) [0.03 - 0.1]
As	0.37 (0.00) [0.12 - 0.77]	0.24 (0.00) [0.05 - 0.5]	0.61 (0.00) [0.12 - 1.56]	0.26 (0.00) [0.12 - 0.53]
B	75.56 (0.02) [45.53 - 98.37]	68.18 (0.01) [47.93 - 90.8]	85.22 (0.01) [67.37 - 96.91]	64.09 (0.01) [41.7 - 75.22]
Be	0.06 (0.00) [0.02 - 0.09]	0.04 (0.00) [0.01 - 0.07]	0.04 (0.00) [0.02 - 0.07]	0.04 (0.00) [0.02 - 0.08]
Cd	0.70 (0.00) [0.33 - 0.95]	0.84 (0.00) [0.41 - 1.64]	0.59 (0.00) [0.4 - 1.15]	0.66 (0.00) [0.47 - 0.82]
Ce	0.56 (0.00) [0.28 - 1.22]	0.46 (0.00) [0.11 - 1.86]	0.36 (0.00) [0.21 - 0.56]	0.54 (0.00) [0.14 - 1.16]
Co	2.62 (0.00) [1.75 - 3.46]	1.74 (0.00) [1.29 - 2.15]	0.91 (0.00) [0.77 - 1.16]	0.78 (0.00) [0.77 - 1.16]
Cr	1.87 (0.00) [3.5*10 ⁻³ - 7.85]	3.78 (0.01) [LD - 15.33]	0.84 (0.00) [0.3 - 1.89]	0.53 (0.00) [0.28 - 0.98]
Cs	0.99 (0.00) [0.13 - 3.13]	0.73 (0.00) [0.33 - 1.99]	0.17 (0.00) [0.07 - 0.21]	0.13 (0.00) [0.06 - 0.19]
Cu	0.04 (0.01) [0.03 - 0.05]	0.04 (0.01) [0.03 - 0.05]	0.04 (0.01) [0.03 - 0.05]	0.03 (0.01) [2.48 - 4.14]
Dy	0.04 (0.00) [0.02 - 0.11]	0.05 (0.00) [0.01 - 0.22]	0.04 (0.00) [0.01 - 0.06]	0.08 (0.00) [0.01 - 0.16]
Er	0.03 (0.00) [0.01 - 0.06]	0.03 (0.00) [4*10 ⁻³ - 0.12]	0.02 (0.00) [0.01 - 0.04]	0.04 (0.00) [3.5*10 ⁻³ - 0.09]

LD: Por debajo de los límites de detección

Mín.: Mínimo

Máx.: Máximo

D.E.: Desviación Estándar

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

**Tabla 4.1 (Continuación) Reporte de concentraciones de nitratos y metales en mg/100 g de muestra**

	Cáscara Chaucha Amarilla	Pulpa Chaucha Amarilla	Cáscara INIAP Cecilia	Pulpa INIAP Cecilia
	Media*10 ⁻³ (D.E.) [Mín.*10 ⁻³ - Máx.*10 ⁻³]	Media*10 ⁻³ (D.E.) [Mín.*10 ⁻³ - Máx.*10 ⁻³]	Media*10 ⁻³ (D.E.) [Mín.*10 ⁻³ - Máx.*10 ⁻³]	Media*10 ⁻³ (D.E.) [Mín.*10 ⁻³ - Máx.*10 ⁻³]
Eu	0.05 (0.00) [0.03 - 0.11]	0.05 (0.00) [0.02 - 0.1]	0.05 (0.00) [0.03 - 0.09]	0.05 (0.00) [0.02 - 0.1]
Ga	9.29 (0,00) [4.92 - 14.98]	7.45 (0.00) [3.75 - 15.31]	6.34 (0.00) [3.6 - 7.58]	3.33 (0.00) [1.83 - 5.36]
Gd	0.07 (0.00) [0.03 - 0.19]	0.07 (0.00) [0.01 - 0.3]	0.05 (0.00) [0.02 - 0.08]	0.1 (0.00) [0.01 - 0.21]
La	0.39 (0.00) [0.19 - 1]	0.38 (0.00) [0.08 - 1.73]	0.23 (0.00) [0.12 - 0.32]	0.54 (0.00) [0.09 - 1.27]
Nd	0.29 (0.00) [0.12 - 0.82]	0.25 (0.00) [0.05 - 1.06]	0.17 (0.00) [0.09 - 0.26]	0.37 (0.00) [0.06 - 0.83]
Ni	4.73 (0.00) [3.85 - 5.84]	3.54 (0.00) [3.05 - 4.46]	2.26 (0.00) [1.79 - 2.69]	1.94 (0.00) [1.48 - 2.43]
Pb	0.53 (0.00) [0.27 - 0.8]	0.55 (0.00) [0.34 - 0.86]	0.47 (0.00) [0.35 - 0.73]	0.51 (0.00) [0.38 - 0.66]
Pr	0.08 (0.00) [0.04 - 0.21]	0.07 (0.00) [0.02 - 0.3]	0.06 (0.00) [0.03 - 0.09]	0.11 (0.00) [0.02 - 0.24]
S	28.19 (0.01) [14.61 - 32.57]	34.68 (0.01) [19.75 - 41.74]	30.98 (0.01) [18.54 - 36.14]	30.30 (0.01) [19.69 - 39.06]
Se	0.35 (0.00) [0.29 - 0.43]	0.38 (0.00) [0.33 - 0.46]	0.31 (0.00) [0.24 - 0.35]	0.32 (0.00) [0.27 - 0.37]
Sm	0.11 (0.00) [0.05 - 0.27]	0.10 (0.00) [0.03 - 0.3]	0.08 (0.00) [0.04 - 0.13]	0.12 (0.00) [0.03 - 0.21]

LD: Por debajo de los límites de detección

Mín.: Mínimo

Máx.: Máximo

D.E.: Desviación Estándar

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

**Tabla 4.1 (Continuación) Reporte de concentraciones de nitratos y metales en mg/100 g de muestra**

	Cáscara Chaucha Amarilla	Pulpa Chaucha Amarilla	Cáscara INIAP Cecilia	Pulpa INIAP Cecilia
	Media*10 ⁻³ (D.E.) [Mín.*10 ⁻³ - Máx.*10 ⁻³]	Media*10 ⁻³ (D.E.) [Mín.*10 ⁻³ - Máx.*10 ⁻³]	Media*10 ⁻³ (D.E.) [Mín.*10 ⁻³ - Máx.*10 ⁻³]	Media*10 ⁻³ (D.E.) [Mín.*10 ⁻³ - Máx.*10 ⁻³]
Sr	98.94 (0.11) [27.64 - 321.14]	30.57 (0.01) [18.02 - 54.24]	56.5 (0.01) [40.85 - 72.4]	22.68 (0.00) [20.29 - 28.01]
Th	1.21 (0.00) [0.85 - 2.34]	1.09 (0.00) [0.37 - 2.57]	2.95 (0.00) [0.57 - 8.66]	2.88 (0.00) [0.66 - 10.06]
U	0.07 (0.00) [0.04 - 0.09]	0.06 (0.00) [0.02 - 0.14]	0.11 (0.00) [0.03 - 0.21]	0.08 (0.00) [0.02 - 0.16]
V	2.66 (0.00) [0.87 - 5.52]	0.56 (0.00) [0.38 - 0.84]	2.01 (0.00) [0.92 - 3.1]	0.59 (0.00) [0.27 - 1.05]
Yb	0.03 (0.00) [0.01 - 0.06]	0.03 (0.00) [4.5*10 ⁻³ - 0.09]	0.03 (0.00) [0.01 - 0.05]	0.04 (0.00) [2.5*10 ⁻³ - 0.07]
	Media*10 ⁻⁶ (D.E.) [Mín.*10 ⁻⁶ - Máx.*10 ⁻⁶]	Media*10 ⁻⁶ (D.E.) [Mín.*10 ⁻⁶ - Máx.*10 ⁻⁶]	Media*10 ⁻⁶ (D.E.) [Mín.*10 ⁻⁶ - Máx.*10 ⁻⁶]	Media*10 ⁻⁶ (D.E.) [Mín.*10 ⁻⁶ - Máx.*10 ⁻⁶]
Ho	9.17 (0.00) [3.50 - 21.50]	0.01 (0.00) [2.00 - 0.04]	0.02 (0.00) [2.50 - 0.03]	0.02 (0.00) [1.50 - 0.06]
Lu	5.25 (0.00) [1.50 - 10.50]	0.01 (0.00) [0.50 - 0.01]	0.01 (0.00) [1.00 - 0.04]	0.02 (0.00) [1.00 - 0.06]
Tm	4.08 (0.00) [1.00 - 9.00]	4.42 (0.00) [LD - 0.02]	12.60 (0.00) [LD - 0.03]	15.70 (0.00) [0.50 - 0.06]

LD: Por debajo de los límites de detección

Mín.: Mínimo

Máx.: Máximo

D.E.: Desviación Estándar

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)



Como se puede ver en la primera parte de la Tabla 4.1, sin importar la variedad o si es cáscara o pulpa se presentan en mayores concentraciones los nitratos, Al, Ba, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, Rb y Zn.

Comparando la misma variedad, para la Chaucha Amarilla las medias de las concentraciones de los elementos Co, Ni, Cs, Gd, Ba, Fe, Ga, Rb, Sr, V y Zn son mayores en la cáscara, que en la pulpa. Para la variedad INIAP Cecilia, existe mayor contenido medio de los elementos As, U, Th, Ca, K, Na, B, en la parte de la cáscara con respecto a la pulpa.

Al comparar Chaucha Amarilla versus INIAP Cecilia, se encontró que las medias de las concentraciones de los elementos Pb, Cs y Se fueron mayores en la primera variedad, y los elementos Dy, Lu, Tm Ho y P fueron mayores para la segunda variedad, comparando en cáscara y pulpa.

Se puede observar que no existen diferencias apreciables entre pulpa o cáscara de ambas variedades en las medias de los siguientes elementos Cu, Er, Yb, Eu y Be. Además, hay compuestos y elementos que no presentaron diferencias entre pulpa y cáscara de la misma variedad, como es el caso de Nitratos, Ce, Al, Mn, La, Sm, Nd y Pr. Por otro lado, las medias de los elementos Cr, Ag, Mg y S presentaron mayores concentraciones en la pulpa de Chaucha Amarilla con respecto a la cáscara de la misma variedad y para la variedad INIAP Cecilia, la cáscara con respecto a la pulpa de la misma variedad.

En 10 de los 14 elementos analizados del grupo IIIB, las mayores concentraciones se encontraron en la variedad de INIAP Cecilia. Seis de los once elementos tóxicos analizados, tuvieron mayor concentración en la variedad Chaucha Amarilla, ya sea pulpa o cáscara en comparación con la otra variedad estudiada. En la sección 4.3, se comprobará si las diferencias entre las medias de las concentraciones son estadísticamente significativas.

La Tabla A 3 refleja las medias de las concentraciones publicadas en otros países y ciudades de Ecuador de nitratos y metales en papas por otros autores (Ver Anexo 2). Al comparar estas medias con el contenido medio de las papas analizadas en este estudio, el contenido medio de las concentraciones expuestas en este estudio es inferior a las publicadas por los autores en los siguientes compuestos y elementos: nitratos ATSDR &



CDC (2021), calcio Becker et al. (2011), González (2012) y Ramirez (2010), hierro Becker et al. (2011), González (2012) y Villacrés et al. (2011), magnesio Becker et al. (2011), González (2012) y Ramirez (2010), sodio Becker et al. (2011) y González (2012), fósforo FAO (2008), zinc Becker et al. (2011), González (2012) y Suárez et al. (2014), arsénico Polo (2009), berilio ATSDR & CDC (2021), cadmio Becker et al., (2011) y González (2012), manganeso Becker et al. (2011), González (2012) y Suárez et al. (2014), estroncio González (2012), torio ATSDR & CDC (2021), uranio ATSDR & CDC (2021), y selenio ATSDR & CDC (2021) y Suárez et al. (2014). Por otro lado, el contenido medio de las concentraciones expuestas en este estudio es superior en los elementos: aluminio González (2012), boro ATSDR & CDC (2021) y cobalto ATSDR & CDC (2021). Además, el contenido medio de potasio de las papas de este estudio, obtuvo resultados inferiores con respecto a los propuestos por los autores Villacrés et al. (2011) y superiores a los reportados por Becker et al. (2011), González (2012) y Ramirez (2010); cromo, níquel y plomo obtuvieron resultados inferiores con respecto a lo reportado por González (2012) y superiores con respecto al estudio de Becker et al. (2011).

Cabe destacar que, diversas investigaciones han argumentado que la distribución de ciertos metales en las papas no es homogénea, como es el caso del cadmio (Maiga et al., 2005; Reid et al., 2003; Şekara et al., 2005). Además, existe una mayor acumulación de tóxicos como es el caso del plomo y otros metales en papas cultivadas en regiones urbanas, ya que los suelos se contaminan por la industrialización (Gichner et al., 2006). La variabilidad de sodio en el suelo influencia los contenidos de este metal en las papas, según estudios realizados por Ereifej et al. (1998). Asimismo, para cromo y níquel, se demostró que las papas podrían absorber aproximadamente un 80-85 % (Baghour et al., 2001) y 50 % (Chen et al., 2009) respectivamente.

En la tabla 4.2, desde la segunda hasta la quinta columna, se puede observar el consumo que una persona cuencana de masa promedio (70 Kg) tendría de nitratos y metales en mg/año al consumir diariamente por un año (30 Kg/año) las papas Chaucha Amarilla o INIAP Cecilia expendidas en la ciudad de Cuenca, para ambas variedades, se consideró el consumo con cáscara (Cáscara (2 %) + Pulpa (98 %)) y de forma pelada (Pulpa); el cálculo se realizó con los datos de las concentraciones obtenidas en el presente estudio.



En la última columna se encuentra el consumo promedio en mg/año de acuerdo a los índices de toxicidad que se encuentran en la Tabla A 4, en el Anexo 2, del mismo modo se tomó en cuenta la masa promedio de una persona cuencana (± 70 Kg). A partir de esta comparación podremos denotar si la persona estaría ingresando a su organismo una cantidad mayor a la de los índices (la máxima dosis que se debería ingerir para obtener bajos efectos).

Tabla 4.2 Consumo promedio anual de nitratos y metales de papas en personas adultas e índices de toxicidad (mg/año)

Compuesto / Elementos	Promedio Chaucha Amarilla		Promedio INIAP Cecilia		Promedio Índices
	Cáscara (2 %) + Pulpa (98 %)	Pulpa	Cáscara (2 %) + Pulpa (98 %)	Pulpa	
Nitratos	4929.86	4236.00	5187.18	5211.00	102200.00
Al	284.22	279.00	323.16	324.00	7665.00
Ba	39.24	39.00	9.42	9.00	5110.00
Ca	578.16	570.00	589.50	579.00	292000.00
Fe	57.90	57.00	66.06	66.00	5110.00
K	231828.00	231540.00	239536.80	239190.00	730000.00
Mg	3593.88	3612.00	3009.72	3006.00	136875.00
Na	480.72	480.00	570.24	570.00	743687.50
P	4471.44	4476.00	6526.50	6537.00	255500.00
Zn	42.06	42.00	27.06	27.00	3650.00
Ag	0.03	0.03	0.02	0.02	12.78
As	0.07	0.07	0.08	0.08	127.75
B	20.50	20.45	19.35	19.23	5110.00
Be	0.01	0.01	0.01	0.01	51.10
Cd	0.25	0.25	0.20	0.20	12.78
Co	0.53	0.52	0.23	0.23	255.50
Cr	1.12	1.13	0.16	0.16	14.60
Cs	0.22	0.22	0.04	0.04	868700.00
Cu	12.00	12.00	9.06	9.00	365.00
Mn	30.05	29.87	24.31	24.48	730.00
Ni	1.07	1.06	0.58	0.58	357.70
Pb	0.16	0.17	0.15	0.15	91.21
Se	0.11	0.11	0.10	0.10	20.08
Sr	9.58	9.17	7.01	6.80	51100.00
U	0.02	0.02	0.02	0.02	51.10
V	0.18	0.17	0.19	0.18	25.55

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)



La comparación con los índices encontrados se realizó asumiendo que los niveles de concentración no varían al momento de proceder con el lavado y cocido del mismo, y al tener en cuenta los promedios de cáscara en ambas variedades, se asumió que la población consume las papas sin pelar.

Como se puede observar en la Tabla 4.2, ninguna de las concentraciones obtenidas en este estudio superó la dosis mínima de los índices, por lo que, consumir estos productos de forma regular no ocasionaría efectos no adversos perjudiciales para la salud.

Al comparar el promedio del consumo de papa con cáscara (Cáscara (2 %) + Pulpa (98 %)) con respecto a los índices, las concentraciones en la variedad Chaucha Amarilla representaron menos del 5 % de la concentración anual que indican en los índices, exceptuando los elementos K, cuya concentración (231828.00 mg/año) es el 31.76 % del índice presentado por Gabarra et al. (2017); además, elementos tóxicos como el Pb, As, U y Cu representan el 0.18 %, 0.06 %, 0.04 % y 3.29 %, respectivamente. De la misma forma, la variedad INIAP Cecilia, representó menos del 5 % de las concentraciones que indican en los índices, exceptuando el K, cuya concentración (239536.80 mg/año) es el 32.81 % de acuerdo a lo expuesto en Gabarra et al. (2017) y nitratos cuya concentración (5184.18 mg/año) es el 5.08 % del índice expuesto por ATSDR & CDC (2021); además, elementos tóxicos como el Pb, As, U y Cu representan el 0.17 %, 0.06 %, 0.05 % y 2.48 %, respectivamente.

Comparando el promedio de la pulpa de la variedad Chaucha Amarilla, K es el 31.72 % de la concentración anual que indican los índices de acuerdo a Gabarra et al. (2017), con una concentración de 231540.00 mg/año; mientras que, elementos tóxicos como el Pb, As, U y Cu representan el 0.18 %, 0.06 %, 0.04 % y 3.29 %, respectivamente. De la misma forma, en la pulpa de la variedad INIAP Cecilia el K, es el 32.77 % de acuerdo a Gabarra et al. (2017), con una concentración 239190.00 mg/año. Además, elementos tóxicos como el Pb, As, U y Cu representan el 0.17 %, 0.06 %, 0.05 % y 2.46 %, respectivamente.

Estas comparaciones se realizaron tomando en cuenta la ingesta paulatina de papas por un año y se debe agregar que, algunos índices como el MRL (Nivel de riesgo mínimo) y NOAEL (Niveles bajos de efectos adversos observables) se consideran no tóxicos para un determinado período de tiempo de exposición en el cual se realizaron pruebas y que



existirían efectos adversos a determinados órganos diana, además, estas concentraciones podrían variar según la vía de exposición. Por otra parte, ciertos datos fueron generados a partir de estudios realizados en diferentes animales y se extrapolaron los datos para el ser humano (ATSDR & CDC, 2021).

4.3 Comparación de medias y medianas

La condición para realizar la comparación de medias para pruebas paramétricas; en el caso de ANOVA, es que se cumplan los supuestos del modelo, siendo estos: Normalidad (distribución normal), también Homocedasticidad (homogeneidad de varianzas) e Independencia (muestreo aleatorio).

Los supuestos de normalidad y homocedasticidad se compararon a través de gráficas y pruebas estadísticas. En las pruebas gráficas de normalidad se puede observar en el Anexo 3 en la Figura A 1, estas señalaron que, los elementos Al, Ca, Cu, K, P, Ba y Be, presentaron distribuciones con colas cortas, los elementos Ag, As, Cr, Cs, Dy, Er, Eu, Fe, Cd, La, Lu, Nd, Pr, Sm, Th y Tm, distribuciones con colas largas, mientras que elementos como el Ba, Rb, S, V, y Zn presentan distribuciones con curvas dentro de la línea de distribución indicando que no existe un patrón normal, y por último, elementos como el Mg, Ni, Rb y Sr, presentan una distribución normal sin embargo, también se visualizan distribuciones con valores atípicos. Las pruebas gráficas de homocedasticidad indicaron que no se cumple para todos los casos como se puede ver en los rangos intercuartílicos a través de gráficos de 'Cajas y Bigotes' que se encuentran la Figura A 2 del Anexo 3, los cuales señalaron que, las concentraciones de los elementos Pb, Cd, Co, Cu, Ag, Cs, Al, P, Fe, Rb y Zn mostraron mayor dispersión en la variedad Chaucha Amarilla, ya sea cáscara, pulpa o ambos, por otro lado, en los elementos Ce, Dy, Er, Gd, La, Sm, Yb, Lu, Nd, Pr, Tm, Ho, Th, U y P señalaron mayor dispersión en la variedad INIAP Cecilia, ya sea en cáscara, pulpa o ambos. Los datos de concentraciones que no se visualizaba una aparente variabilidad en la distribución entre ellos, fueron los de nitratos, Mg, Na, B, Ba, S, Se y Ni.

Por otro lado, con las pruebas estadísticas se demostró que 24 de los 43 metales analizados no cumplían con por lo menos uno de los supuestos y se utilizó la prueba no paramétrica Kruskal Wallis, las otras 18 cumplieron con los supuestos y se utilizó la prueba



paramétrica ANOVA de una vía para datos independientes, potasio fue el único que no cumplió con la prueba de independencia, pero no se podría utilizar un método para variables pareadas o dependientes, ya que no se consideran las muestras iguales. Estas gráficas y pruebas se pueden encontrar en el Anexo 3.

Los resultados de las comparaciones de medias pueden observarse en la Tabla 4.3 para pruebas paramétricas y comparaciones de medianas en la Tabla 4.4 para pruebas no paramétricas.

Tabla 4.3 Comparación de medias con las pruebas paramétricas ANOVA y prueba entre pares T

	ANOVA		Prueba entre Pares T-Student					
	F	p	CIC-CCA	PCA-CCA	PIC-CCA	PCA-CIC	PIC-CIC	PIC-PCA
Nitratos	0.98	0.42						
Cu	0.79	0.52						
K	0.76	0.53						
Mg	2.75	0.07						
Na	0.46	0.71						
P	6.02	**	0.06	0.90	*	0.09	0.90	*
B	2.05	0.14						
Be	1.05	0.40						
Co	25.31	***	***	**	***	**	0.61	**
Eu	0.07	0.97						
Ga	3.48	*	0.54	0.63	*	0.63	0.54	0.21
Ni	33.03	***	***	**	***	**	0.34	***
Pb	0.18	0.91						
Rb	8.67	***	**	0.87	**	0.27	0.87	*
S	0.69	0.57						
Se	2.94	0.06						
U	0.85	0.48						
Yb	0.32	0.81						
Zn	4.50	*	0.08	1	*	0.15	1	0.10

p *** < 0.001, p ** < 0.01, p * < 0.05
Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)



Tabla 4.4 Comparación de medianas con las pruebas no paramétricas Kruskal Wallis y prueba entre pares Wilcoxon

	Kruskal Wallis		Prueba entre Pares Wilcoxon					
	X ²	p	CIC-CCA	PCA-CCA	PIC-CCA	PCA-CIC	PIC-CIC	PIC-PCA
Al	0.55	0.91						
Ca	13.31	**	0.49	0.10	0.10	*	*	0.66
Ag	2.15	0.54						
As	0.55	0.91						
Ba	9.89	*	1	1	*	1	0.08	0.12
Cd	2.12	0.55						
Ce	4	0.26						
Cr	1.43	0.70						
Cs	13.11	**	0.16	0.62	0.07	*	0.62	*
Dy	1.88	0.60						
Er	1.18	0.76						
Fe	5.47	0.14						
Gd	3.47	0.32						
Ho	1	0.80						
La	4.65	0.20						
Lu	0.89	0.83						
Mn	12.73	**	*	1	0.66	*	0.06	0.06
Nd	4.30	0.23						
Pr	3.61	0.31						
Sm	1.06	0.78						
Sr	13.52	**	0.66	0.06	*	0.06	*	0.49
Th	0.80	0.85						
Tm	1.02	0.80						
V	14.81	**	1	*	*	*	*	1

p *** < 0.001, p ** < 0.01, p * < 0.05

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)



Se consideró un valor de significancia de 0.05 en todas las pruebas para poder rechazar o aceptar que las muestras presentan medias (ANOVA) o medianas (Kruskal Wallis) iguales. Se puede observar que, el valor p en más del 70 % de casos es mayor a 0.05. Para estos casos, no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula que las muestras presentan medias o medianas iguales, en consecuencia, se puede decir que no hay diferencia entre las concentraciones de ambas variedades.

En la siguiente tabla se encuentran las medianas de las concentraciones de los metales que emplearon la prueba entre pares Wilcoxon que se observa en la Tabla 4.4.

Tabla 4.5 Medianas de concentraciones de metales con diferencias estadísticas en mg/100 g de muestra

	Cáscara Chaucha Amarilla	Pulpa Chaucha Amarilla	Cáscara INIAP Cecilia	Pulpa INIAP Cecilia
	Mediana			
Ca	2.83	1.69	3.5	1.81
Ba	0.15	0.05	0.05	0.03
Mn	0.12	0.10	0.05	0.08
	Mediana*10 ⁻³			
Cs	0.60	0.50	0.19	0.13
Sr	61.32	25.75	57.73	21.96
V	2.34	0.45	2.07	0.45

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

Para las pruebas con valor p menor a 0.05 se realizaron pruebas de contraste entre pares por concentración de metales por parte y variedad de papa. Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las cáscara y pulpa de la misma variedad en los metales Co, Ni y V para la variedad Chaucha Amarilla y, en el caso de Ca, Sr y V en la variedad INIAP Cecilia, siendo la cáscara el que presentaba mayor concentración para ambas variedades.

Se encontró también diferencias entre las cáscaras de ambas variedades en los metales Co, Ni, Rb y Mn, presentando una concentración mayor la variedad Chaucha Amarilla con respecto a la variedad INIAP Cecilia; para la parte de la pulpa también hubo



diferencias significativas, donde el elemento P fue el único en tener una media mayor en la variedad INIAP Cecilia a diferencia de Co, Ni, Rb y Cs que el mayor valor de la media se encontró en la variedad Chaucha Amarilla.

Comparando la media o mediana de las concentraciones cáscara de Chaucha Amarilla y pulpa de INIAP Cecilia, se encontraron diferencias significativas en las concentraciones de los elementos Co, Ni, Rb, Zn, Ba, Sr y V, donde la concentración de cáscara de Chaucha Amarilla era mayor que en la pulpa de INIAP Cecilia, a diferencia del P que la mayor concentración se encontró en pulpa de INIAP Cecilia con respecto a la cáscara de la otra variedad.

Además, comparando la pulpa de Chaucha Amarilla con la cáscara de INIAP Cecilia, la primera presentaba mayor valor en la media o mediana de las concentraciones en los elementos Co, Ni, Cs y Mn, a comparación de los elementos Ca y V donde en la cáscara de INIAP Cecilia se encontró la mayor concentración.

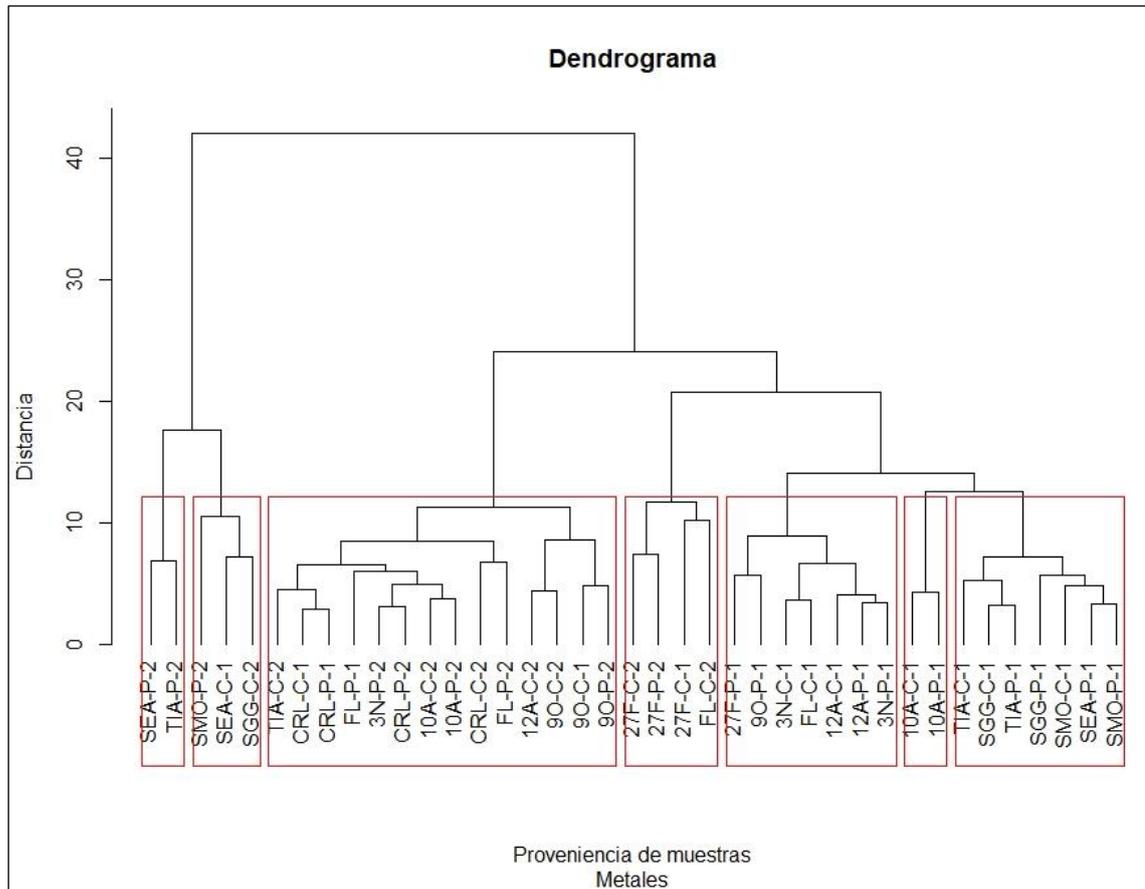
Cabe destacar que, en los metales tóxicos que se encontraron diferencias significativas, la variedad Chaucha Amarilla superaba a la de INIAP Cecilia.

4.4 Estadística multivariada

Las siguientes figuras contienen códigos, de los cuales las primeras 3 letras/números corresponden al lugar como se ve en la columna 'Codificación' de la Tabla 3.1, la siguiente letra a si es pulpa o cáscara, y el último número al muestreo.

4.4.1 Clúster

En la Figura 4.1, se muestra el Dendrograma de similitudes de Metales, donde se puede observar a cada conglomerado delimitado con un rectángulo rojo, con el fin de tener una visualización más rápida de cada uno.

Figura 4.1 Dendrograma de similitudes de metales

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

Las variables con las que el Dendrograma se refiere para la similitud son: ‘Lugares de muestreo’, ‘Parte de papa’ y ‘Número de muestreo’, teniendo una relación el lugar de muestreo con las variedades Chaucha Amarilla o INIAP Cecilia, parte de papa correspondería a pulpa o cáscara y primero o segundo el muestreo. Además, en la Tabla A 6, en el Anexo 4, se presentan las medias de los grupos formados en el Dendrograma de las concentraciones de metales.

A una distancia euclidiana de 12, el primer y segundo conglomerado están conformados por 2 y 3 lugares de muestreo respectivamente, los cuales representan al primer y segundo muestreo, pulpa y cáscara, y a la variedad INIAP Cecilia. Estos lugares están representados por los metales Al, B, Cd, Ni, Pb, Rb, S, Ag, Ba, Be, Ga, Mg, Se y Zn, ya que contienen mayor contenido promedio de estos metales. El tercer conglomerado se

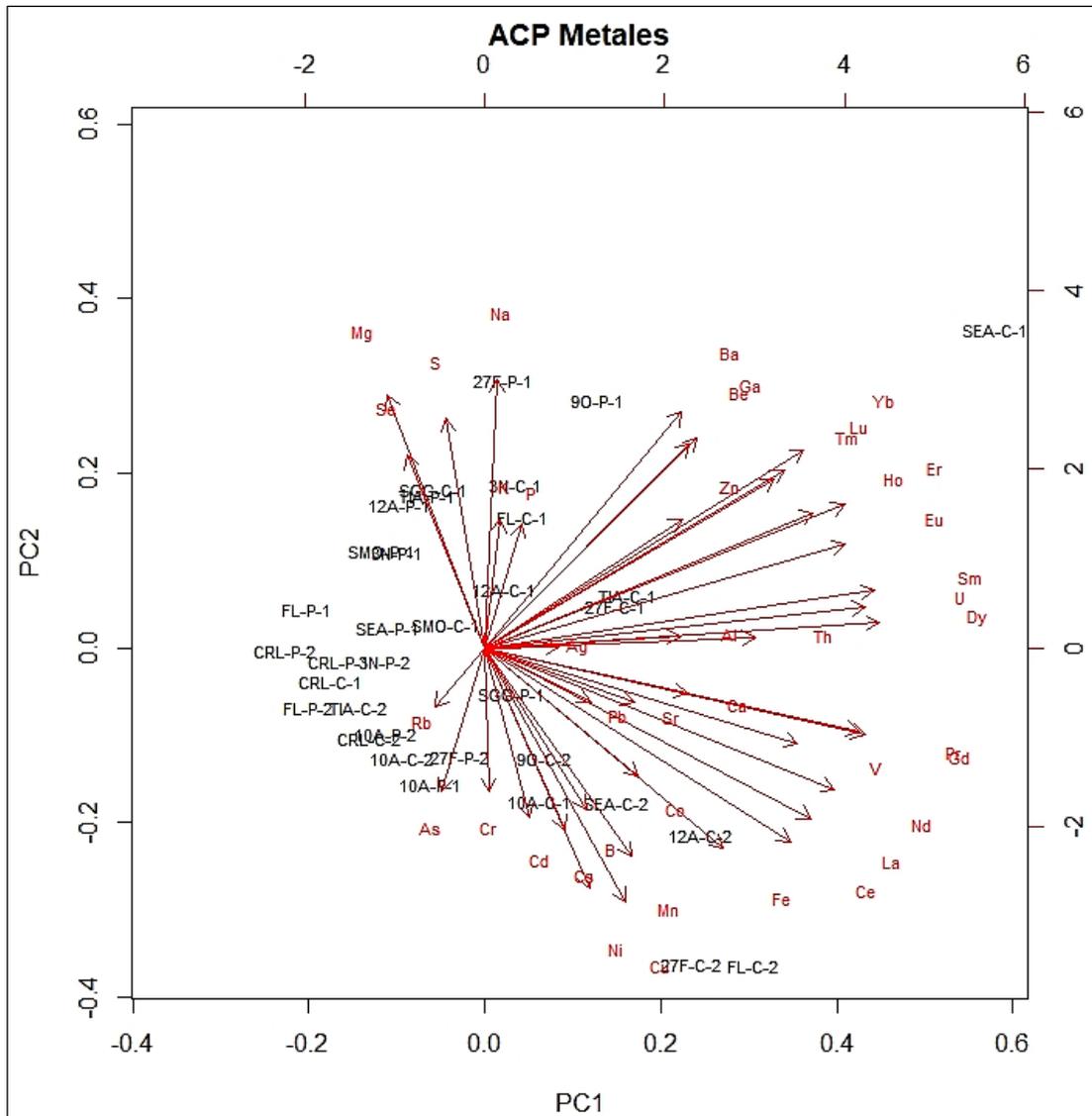


conformó por 14 lugares de muestreo, se encuentran primer y segundo muestreo, pulpa y cáscara, y ambas variedades; como grupo, los metales que lo representan son As, Ca, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Mn, Sr y V. El cuarto, quinto y sexto conglomerado están conformados por 4, 7 y 2 lugares de muestreo respectivamente, conformadas por el primer y segundo muestreo, pulpa y cáscara, y la variedad Chaucha Amarilla. El común de los lugares del cuarto grupo, a comparación de los demás es, que como grupo presentan el menor promedio en los elementos Al, Be, Fe, V, Eu, Na, P, Ce, Dy, Gd, La, Nd, Pr y Sm. Por otro lado, el quinto y sexto son representados por los metales Ho, K, Lu, Tm, U, Th, Eu, Na y P. El último conglomerado está conformado por 7 lugares perteneciente al primer muestreo, pulpa y cáscara, y a la variedad INIAP Cecilia, los metales que lo representan son Er, Yb, Ce, Dy, Gd, La, Nd, Pr y Sm.

Además, para lograr una similitud más acertada, se descartaron los sitios 3N-C-2, 12A-P-2, SMO-C-2, SGG-P-2 SEA-C-2, en el en el Anexo 4, específicamente en la Figura A 3, se puede observar el Dendrograma de similitudes de Metales con todos los sitios de muestreo.

4.4.2 *Análisis de componentes principales*

El análisis de componentes principales (ACP) se utilizó para identificar principales elementos que explican la varianza de los datos. En el Anexo 4, Figura A 4, se muestra mediante un diagrama de Euler cómo está conformado cada conjunto de datos. Para este análisis, inicialmente se graficó los ACP con los datos completos como se puede ver en las Figuras A 5, A 6 y A 7, que tienen por subtítulo 'Datos Completos' y después, los lugares de compra alejados de las agrupaciones formadas por el ACP, se eliminaron. En las siguientes figuras se puede observar el análisis de componentes principales realizado para todos los grupos, después del tratamiento antes expuesto.

Figura 4.2 Análisis de componentes principales de todos los metales

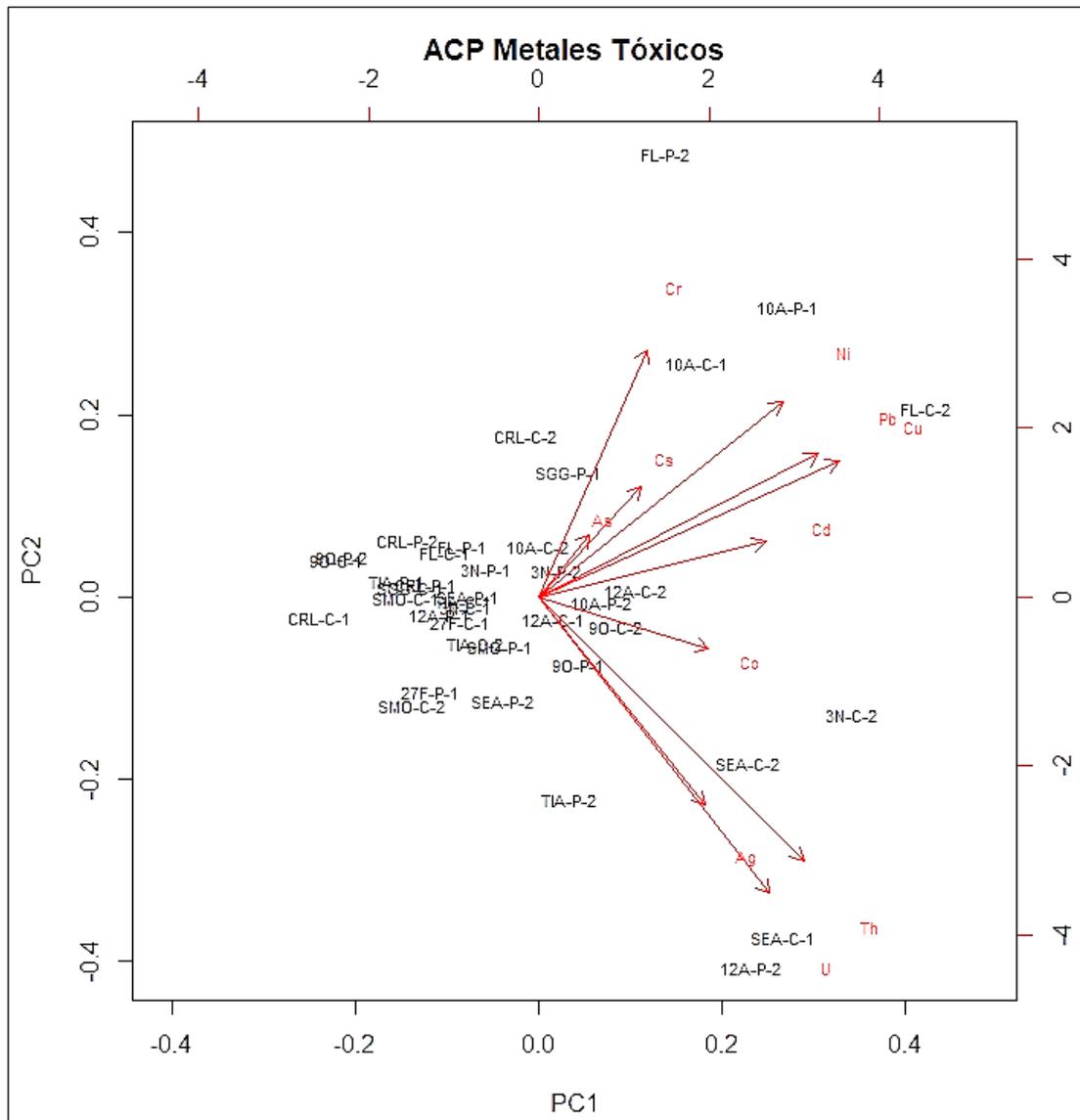
Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

La gráfica de influencias de la Figura 4.2, muestra los resultados gráficos de las dos primeras componentes principales. Los dos primeros componentes principales explican el 46 % de la variabilidad total. El CP1 explica el 32 % y el CP2 el 14 % tal como se puede ver en la Tabla A 10 en el Anexo 4, así como las correlaciones de los metales con los componentes principales. De los 42 metales analizados, en la primera componente (PC1) cinco metales se ubican en los valores negativos de esta y en la misma ubicación



se encuentran lugares predominado por parte pulpa y la variedad INIAP Cecilia, el resto de metales se ubicaron en los valores positivos predominando la parte cáscara y la variedad Chaucha Amarilla. En la segunda componente principal (PC2), 22 metales se localizaron en los valores positivos de esta componente predominaba la parte pulpa y la variedad Chaucha Amarilla, por otro lado, en la parte negativa de la segunda componente se ubicaron veinte metales, de los cuales predomina la parte cáscara y la variedad Chaucha Amarilla. Para lograr una similitud más acertada, se descartaron los sitios SGG-P-2, SMO-C-2, 9O-P-2, 9O-C-1, SMO-P-2, SGG-C-2, TIA-P-2, SEA-P-2, 12A-P-2, 3N-C-2 en el en el Anexo 4, específicamente en la Figura A 5, se puede observar Análisis de Componentes principales de todos los metales analizados con todos los sitios de muestreo.

La variabilidad en la composición de la cáscara entre variedades de papa y cáscara y pulpa de la misma variedad, podría deberse a la composición química del suelo donde fueron sembradas las papas, también a la forma de siembra, uso de agroquímicos e incluso el transporte, donde la cáscara pudo tener una contaminación cruzada de trazas de los elementos en cuestión (González, 2012). Por la ubicación geográfica en la que se siembra la variedad INIAP Cecilia, se conoce la actividad volcánica de la zona gracias a los volcanes Tungurahua, Chimborazo, Pichincha, Chacana, Cayana y Cotopaxi, estudios reportaron que la ceniza emitida por este último se esparcía por la zona contenía importantes concentraciones de hierro, calcio, aluminio, sodio, potasio, magnesio, azufre y aluminio, este último encontrándose en niveles tóxicos para los cultivos según Sánchez et al. (2018). Para la variedad Chaucha Amarilla, el volcán que podría influir con ceniza es el Sangay que se encuentra en erupción desde el 2019, aunque simulaciones realizadas por Instituto Geofísico - EPN no muestran influencia directa en la provincia del Azuay, se ha reportado caída de ceniza, la cual contenía importante presencia de calcio, hierro y manganeso, los cuales podrían ser explicados por esta procedencia. Por otra parte, las altas concentraciones de elementos como el sodio y potasio son explicados por el mismo suceso volcánico, pero además a la composición propia de la papa, como se detalla en la Tabla 1.1.

Figura 4.3 Análisis de componentes principales de metales tóxicos

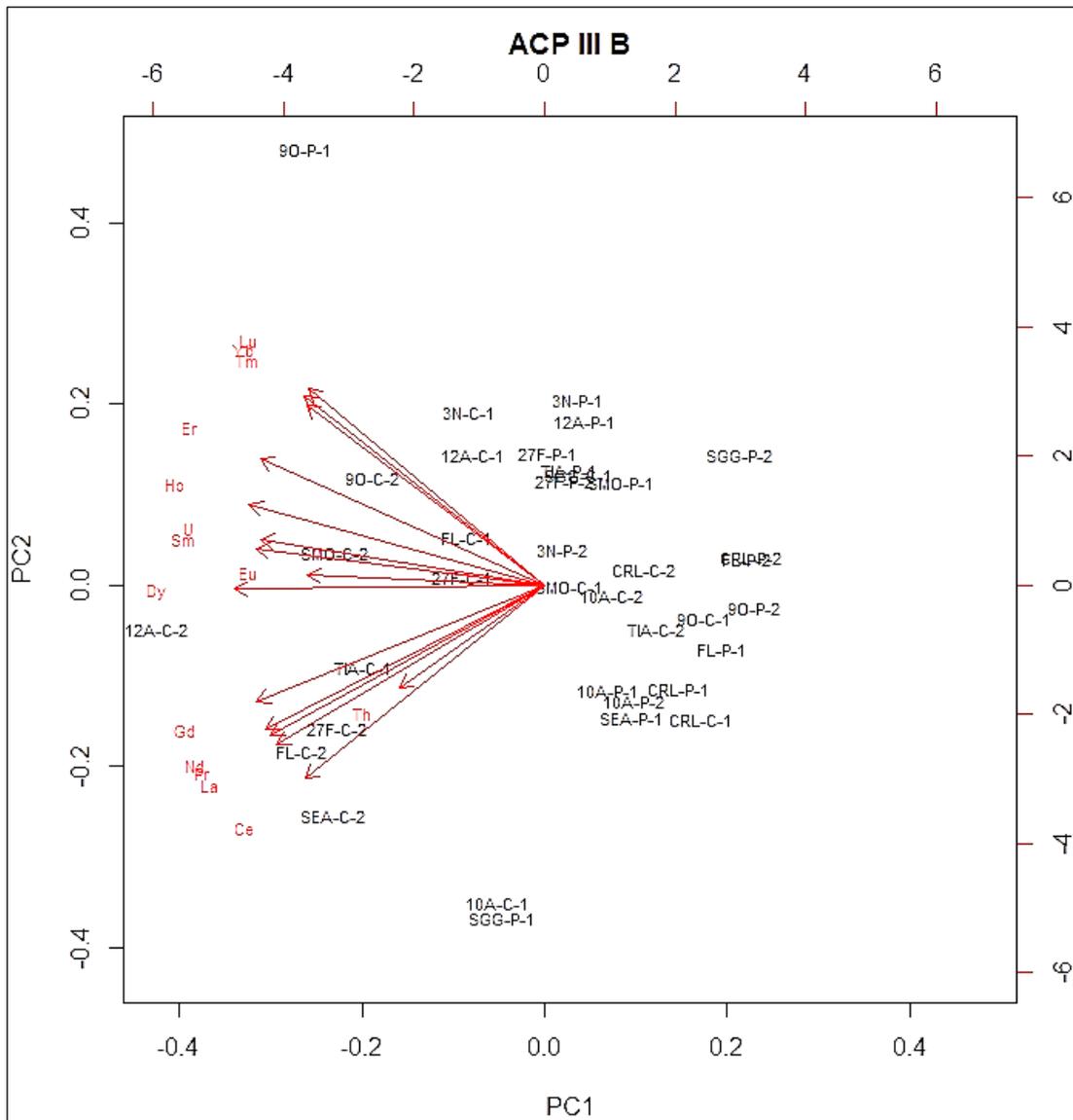
Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

La gráfica de influencias de la Figura 4.3, corresponde únicamente a los metales tóxicos analizados, los cuales son Ag, As, Cd, Cr, Cs, Th, Pb, Co, Ni, Cu, U. Los dos primeros componentes principales explican el 42 %, tal como se puede ver en la Tabla A 11 en el Anexo 4, así como las correlaciones de los metales con los componentes principales. Como se muestran los resultados gráficos de las dos primeras componentes principales. En este caso, para la primera componente (PC1) la cual explica el 24 %, todas las variables metales se colocan en los valores positivos, así como los lugares donde la



mayoría representan cáscara y pulpa, y la variedad Chaucha Amarilla. Para la segunda componente (PC2) la cual explica el 18 %, se puede observar que divide la variable metales, tomando valores positivos Cr, Ni, Cs, As, Pb, Cu y Cd en los cuales predomina la variedad Chaucha Amarilla por igual cáscara y pulpa, para valores negativos de PC2 se encuentran los metales Co, Ag, Th y U en los lugares que se pueden diferenciar, la mayoría pertenece Pulpa y a la variedad INIAP Cecilia.

Además, para lograr una similitud más acertada, se descartaron los sitios SGG-C-2, SMO-P-2, SGG-P-2, 27F-C-2, 27-F-P-2 en el el Anexo 4, específicamente en la Figura A 6, se puede observar Análisis de Componentes principales de todos los metales tóxicos analizados con todos los sitios de muestreo.

Figura 4.4 Análisis de componentes principales del grupo IIIB de metales

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

La gráfica de influencias de la Figura 4.4, corresponde únicamente a los elementos del grupo IIB analizados Ce, Dy, Er, Gd, La, Sm, Yb, Eu, Lu, Nd, Pr, Tm, Ho, Th, U. Como se muestran los resultados gráficos de las dos primeras componentes principales. En este caso la primera y segunda componente principal explican el 87 %, para la primera componente (PC1) que explica el 69 % de la variabilidad, todas las variables metales se colocan en los valores negativos, así como los lugares donde la mayoría representan la cáscara y la variedad Chaucha Amarilla. Para la segunda componente (PC2) que explica el 18 %, se puede observar que divide la variable metales, tomando valores positivos Eu, Sm, U, Ho, Er, Tm, Yb, Lu en los cuales predomina la presencia de pulpa y la variedad



Chaucha Amarilla, para valores negativos de PC2 se encuentran los metales Dy, Gd, Nd, Pr, La, Th y Ce en los lugares que se pueden diferenciar la mayoría representa a cáscara y a la variedad Chaucha Amarilla. En la Tabla A 12 en el Anexo 4, se encuentran proporciones acumulativas de cada componente principal, así como las correlaciones de los metales con los componentes principales

Además, para lograr una similitud más acertada, se descartaron los sitios 12A-P-2, SEA-P-2, 3N-C-2, TIA-P-2, SEA-C-1, SGG-C-2, SMO-P-2 en el en el Anexo 4, específicamente en la Figura A 7, se puede observar Análisis de Componentes principales de todos los metales del grupo IIIB analizados con todos los sitios de muestreo.



CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se determinó que la variedad Chaucha Amarilla provenía de Paute y la variedad INIAP Cecilia de las ciudades de Quito y Ambato.

A partir de la evaluación de las concentraciones de nitratos y metales mediante Espectroscopía de infrarrojo y UV visible, y espectrómetro de masas ICP-MS respectivamente, se efectuó un análisis estadístico inferencial donde se evidenció que menos del 30 % de los metales analizados tenían diferencias estadísticamente significativas. En las pruebas entre pares se verificó que, en los metales tóxicos analizados que presentaban diferencias, la concentración media de Chaucha Amarilla superaba a la de INIAP Cecilia en la mayoría de los casos.

Las concentraciones en mg/año se compararon con índices de toxicidad, confirmando que las concentraciones analizadas no sobrepasan los límites indicados. Los índices MRL (nivel de riesgo mínimo) para los elementos Nitratos, Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Sr, U y V, y NOAEL (niveles bajos de efectos adversos observables) para los elementos Ag, Cs y Ni, se consideran no tóxicos y no afectan a los órganos diana. El índice CDR (cantidad diaria recomendable) para los elementos Ca, Cu, K, Mg, P, Sr, Fe, Mn, Se y Zn, es la dosis mínima diaria que una persona adulta y sana debe ingerir a lo largo del día. Considerando el CDR, al consumir 100 g de solamente pulpa o la papa sin pelar de la variedad Chaucha Amarilla se llegó al 31.72 % y 31.76 % de K diario requerido respectivamente. Asimismo, en variedad la INIAP Cecilia representó el 32.77 % y 32.81 % del CDR de K en la pulpa y la papa sin pelar, respectivamente, esto representaría un ligero problema al añadir alimentos con gran cantidad de K superando la CDR. La concentración de Na y Pb respecto a los índices ARI (aceptable de ingesta) y RfD (dosis oral de referencia) las concentraciones representaron menos del 5 %, por lo tanto, no suponen efectos tóxicos o cancerígenos al ser ingeridos.



A través del análisis estadístico multivariado se demostró la relación entre los lugares de muestreo (mercado o supermercado), los mismos que se relacionan directamente con la variedad de la papa. En el clúster se observa que se aglomeran por variedad, la Chaucha Amarilla en el clúster N ° 4, 5 y 6, e INIAP Cecilia en el clúster N ° 1, 2 y 7, el clúster N ° 3 contiene ambas variedades.

El análisis de componentes principales indicó la relación entre variedad de papa y los metales. La gráfica de influencias realizada a todos los metales analizados, la primera y segunda componente principal explicaron el 46 % de la variabilidad total; en la primera componente casi el 90 % de los metales se agrupaban en los valores negativos y predominaba la parte de cáscara y la variedad Chaucha Amarilla; en la segunda componente principal casi el 50 % de los metales, en su mayoría tóxicos, tomaron valores negativos de esta componente y se caracterizaron por ser parte cáscara y variedad Chaucha Amarilla. En la gráfica de los metales tóxicos, las dos primeras componentes explicaron 42 % de la variabilidad; la primera componente principal abarcó a todos los metales en los valores positivos de la componente, donde prevaleció la variedad Chaucha Amarilla en pulpa y cáscara por igual, en cambio, para la segunda componente Cr, Ni, Cs, As, Pb, Cu y Cd se encontraron en los valores positivos de la componente donde primó la variedad Chaucha Amarilla en cáscara y pulpa por igual, en los valores negativos se localizaron Co, Ag, Th y U donde la pulpa y la variedad INIAP Cecilia eran los predominantes. En la gráfica de los metales del grupo III B analizados, las dos primeras componentes explicaron el 87 % de la variabilidad; la primera componente en sus valores negativos contenía a todos los metales, donde la cáscara y la variedad Chaucha Amarilla superaba a la pulpa y la variedad INIAP Cecilia, en tanto que, en la segunda componente, los metales Eu, Sm, U, Ho, Er, Tm, Yb, y Lu, se ubicaron en los valores positivos especialmente pulpa y variedad Chaucha Amarilla, y los metales Dy, Gd, Nd, Pr, La, Th y Ce se situaron en los valores negativos donde supera la cáscara y la variedad Chaucha Amarilla.



Como recomendaciones se sugiere:

- Conocer los agroquímicos utilizados en la fertilización y eliminación de plagas.
- Realizar análisis de suelo para conocer si los metales que se encuentran en las papas se encontraban disponibles en el medio de producción o si provino de alguna fuente externa.
- Evaluar las concentraciones de las papas que se hayan cosechado en época de lluvia para conocer las diferencias que el cambio estacionario podría ocasionar.
- Tener en cuenta el tiempo de logística, ya que las papas también podrían contaminarse en el camino hasta los lugares donde se expenden.
- Realizar el análisis de estas variedades por sectores post cosecha, para evitar contaminación cruzada.
- Comparar las cantidades de metales en las papas con diferentes formas de cocción, ya sea con agua, fritas, al vapor o usando freidora de aire.
- Comparar las concentraciones de diferentes variedades de papa cultivadas bajo las mismas condiciones y métodos agrícolas.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, A., & Tello, J. (2013). Las nueve variedades de papas más usadas en Cuenca: Nuevas aplicaciones en veinte platos de sal y dulce [Universidad de Cuenca]. En *Universidad De Cuenca*.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3352/1/Tesis.pdf>
- Amoroso, G. (2015). Aplicación de técnicas de cocina de vanguardia en recetas de comida típica del Azuay [Universidad de Cuenca]. En *Universidad De Cuenca*.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22774/1/tesis.pdf>
- Anawar, H., Garcia, A., & Santa, I. (2008). Evaluation of various chemical extraction methods to estimate plant-available arsenic in mine soils. *Chemosphere*, 70(8), 1459-1467. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.08.058>
- Antón, A., & Lizaso, J. (2001). Nitritos, nitratos y nitrosaminas. *Fundación Ibérica Para La Seguridad Alimentaria*.
- ATSDR, & CDC. (2021). *Toxicological Profiles*.
<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiledocs/index.html>
- Baghour, M., Moreno, D., Vállora, G., Hernández, J., Castilla, N., & Romero, L. (2001). Phytoextraction of Cd and Pb and physiological effects in potato plants (*Solanum Tuberosum* var. Spunta): Importance of root temperature. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11), 5356-5363. <https://doi.org/10.1021/jf010428x>
- Baran, E. (2007). La nueva farmacoterapia inorgánica. XVIII. Compuestos de lantánidos. *Latin American Journal of Pharmacy*, 26(4), 626-634.
http://www.latamjpharm.org/trabajos/26/4/LAJOP_26_4_6_2_0HE9QM7EH3.pdf
- Becker, W., Jorhem, L., Sundström, B., & Petersson, K. (2011). Contents of mineral elements in Swedish market basket diets. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(2), 279-287. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.10.001>
- Bianchini, M., & Eyherabide, G. (1998). Técnicas de mineralización para la determinación de macronutrientes en muestras de raíz de zanahoria (*Daucus carota* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 103(2), 191-195.



- Bro, R., & Smilde, A. (2003). Centering and scaling in component analysis. *Journal of Chemometrics*, 17(1), 16-33. <https://doi.org/10.1002/cem.773>
- Cabanillas, D. (2019). Elementos del grupo III A y grupo IVA. *Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle*. [https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/3872/MONOGRAFÍA - CABANILLAS MIRANDA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/3872/MONOGRAFÍA_CABANILLAS_MIRANDA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Carbonell, A., Aarabi, M., DeLaune, R., Gambrell, R., & Patrick, W. (1998). Arsenic in wetland vegetation: Availability, phytotoxicity, uptake and effects on plant growth and nutrition. *The Science of the Total Environment*, 217, 189-199. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(98\)00195-8](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(98)00195-8)
- CCB. (2015). *Hechos y cifras sobre la papa* (pp. 1-54). Cámara de Comercio de Bogotá.
- CDC. (2021). *Toxic Substances Portal*. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/>
- CDPH. (2006). *Posibles efectos en la salud relacionados con nitratos y nitritos en agua de pozos privados*. http://cchealth.org/eh/small-water/pdf/nitrate_fact_sheet_pww_es.pdf
- Cervantes, C. (2014). *Factor de estructura estático de metales alcalinos* [Universidad Autónoma del Estado de México]. <https://core.ac.uk/download/pdf/80533867.pdf>
- Chen, C., Huang, D., & Liu, J. (2009). Functions and toxicity of nickel in plants: Recent advances and future prospects. *CLEAN - Soil, Air, Water*, 37(4-5), 304-313. <https://doi.org/10.1002/clen.200800199>
- CIP. (2017). *Hechos y cifras sobre la papa*. 5. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/87957/CIP-Hechos-y-cifras-sobre-la-papa-Espanol-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Correa, J., Iral, R., & Rojas, L. (2006). Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza. *Revista Colombiana de Estadística*, 29(1), 57-76.



- De la Rosa, C., Ordóñez, A., Cabrera, C., & Berroterán, V. (2021). Estadística multivariada aplicada a la clasificación de empresas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEE*, 16(1), 1-23. <https://doi.org/10.21919/remef.v16i1.452>
- Devaux, A., Ordinola, M., Hibon, A., & Flores, R. (2010). *El sector papa en la región andina: Diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú)*. <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/08/005363.pdf>
- Díaz, R. (2017). Ventajas y desventajas del análisis por ICP-MS de metales pesados en muestras biológicas. *Boletín Institucional-Instituto Nacional de Salud*, 23(7-8), 54-59.
- Droppelmann, G. (2018). Pruebas de normalidad. *Revista Actualizaciones Clínica Meds*, 2(1), 39-43. <https://www.meds.cl/wp-content/uploads/Art-5.-Guillermo-Droppelmann.pdf>
- Echeverri, F., & Parra, J. (2019). Los lantánidos: ni tierras ni raras. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 43(167), 291-296. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.917>
- Ereifej, K., Shibli, R., Ajlouni, M., & Hussein, A. (1998). Mineral contents of whole tubers and selected tissues of ten potato cultivars grown in Jordan. *Journal of food science and technology (Mysore)*, 35(1), 55-58.
- Espinel, P. (2015). Procedimiento para efectuar una clasificación ascendente jerárquica de un conjunto de puntos utilizando el método de Ward. En *Infociencia* (Vol. 9). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.
- Espinosa, J. (2004). *Suelos volcánicos, dinámica del fósforo y producción de papa*.
- FAO. (1997). Capítulo 4 - los plaguicidas, en cuanto contaminantes del agua. En *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. (Estudio FAO: Riego y drenaje - 55)*.
- FAO. (2008). *Las papas, la nutrición y la alimentación*. <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/IYP-6es.pdf>



- FAO. (2010). *La papa: Un alimento con tradición, nutrición y sabor* (p. 82).
<https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/6/12880327433890/recetariocorregidobajaresolucionfinal.pdf>
- Faraldo, P., & Pateiro, B. (2013). Tema 1. Estadística descriptiva. En *Estadística y metodología de la investigación*. (p. 15). Universidad Santiago de Compostela.
http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP-DPTO/MATERIALES/Mat_G2021103104_EstadisticaTema1.pdf
- Ferrer, A. (2003). Intoxicación por metales. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 26(SUPPL. 1), 141-153. <https://doi.org/10.4321/s1137-66272003000200008>
- Flores, D., Ramos, J., & Sosa, A. (2007). *Estadística descriptiva probabilidad y pruebas de hipótesis I* [Universidad Autónoma de Campeche].
<http://etzna.uacam.mx/epomex/pdf/estadistica.pdf>
- Flores, E., Miranda, M., Villasís, M., & Villasís, M. (2017). El protocolo de investigación VI: Cómo elegir la prueba estadística adecuada. Estadística inferencial. *Revista Alergia México*, 64(3), 364-370. <http://www.revistaalergia.mx>
- Flores, P., Muñoz, L., & Sánchez, T. (2019). Estudio de potencia de normalidad usando distribuciones desconocidas con distintos niveles de no normalidad. *Perfiles*, 1(21).
- Gabarra, A., Soley, M., & Fernández, A. (2017). Ingestas de energía y nutrientes recomendadas en la Unión Europea: 2008-2016. *Nutrición Hospitalaria*, 34(2), 490-498. <https://doi.org/10.20960/nh.937>
- GADM Paute. (2020). *PDOT Paute*. <https://www.paute.gob.ec/wp-content/uploads/2021/03/PDOT-PAUTE-2020-DIAGNOSTICO-PROPUESTA-Y-MODELO.pdf>
- García, A. (2006). Ingesta de Nutrientes: Conceptos y recomendaciones internacionales. *Nutrición Hospitalaria*, 21(3), 291-299.
<http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/out89.pdf>
- García, M. (2017). *Una nueva prueba para el problema de igualdad de varianzas*. Universidad Santo Tomas.



- Gichner, T., Patková, Z., Száková, J., & Demnerová, K. (2006). Toxicity and DNA damage in tobacco and potato plants growing on soil polluted with heavy metals. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 65(3), 420-426. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2005.08.006>
- González, D., Gutierrez, A., Rubio, C., Hernández, C., & Hardisson, A. (2009). Niveles de aluminio y estroncio en seis grupos de alimentos más consumidos por la población canaria. *Rev. Toxicol*, 26, 30.
- González, L. (2012). *Metales esenciales y tóxicos en papas antiguas, papas importadas y otros tubérculos comercializados en la isla de Tenerife : evaluación toxicológica* [Universidad de la Laguna]. <http://www.tesisenred.net/handle/10803/482270>
- Gorgas, J., Cardiel, N., & Zamorano, J. (2011). *Estadística básica para estudiantes de Ciencias*. Universidad Complutense de Madrid. <https://doi.org/978-84-691-8981-8>
- Harding, C., Janes, R., & Johnson, D. (Eds.). (2002). The molecular world. En *Elements of the p-Block* (pp. P003-P003). The Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/9781847557841-FP003>
- Herrera, M., Carpio, H., & Chávez, G. (1999). *Estudio sobre el subsector de la papa en el Ecuador* (p. 140). INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/41/1/iniapsc181.pdf>
- Holguín, S., Estrada, J., & Chávez, M. (2008). *Los metales alcalinos y alcalinotérreos*. http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/422/Los_metales_alcalinos.pdf?sequence=3
- Hualpa, G. (2019). *Influencia de los procesos de maceración y clarificación sobre las características sensoriales y fisicoquímicas de un destilado de sidra de manzana (Malus sylvestris L.) Variedad criolla*. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3594>
- INEC. (2010). *¿Cómo crecerá la población en Ecuador?* https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Poblacion_y_Demografia/Proyecciones_Poblacionales/presentacion.pdf



- INEC. (2011). *Reporte estadístico del sector agropecuario*. 5, 48.
https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Presentaciones/espac_2010.pdf
- INEC. (2020). *Contador poblacional*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>
- INIAP. (2011). *Variedad INIAP-Cecilia*. Investigaciones EESC.
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2899>
- INIAP. (2016). *Catálogo de variedades de papa del Ecuador*.
- Instituto Geofísico - EPN. (2021). *Red de observatorios vulcanológicos*.
<https://www.igeppn.edu.ec/red-de-observatorios-vulcanologicos-rovig>
- Jácome, E. (2011). *Evaluación del impacto de la ceniza volcánica emitida por el volcán Tungurahua, sobre los suelos destinados a la explotación agrícola (cantón Quero)* [Universidad Técnica de Cotopaxi].
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7210/1/MUTC-000097.pdf>
- JCYL. (2008). Los metales en Castilla y León. *La minería metálica en Castilla y León*.
<http://www.siemcalsa.com/images/pdf/Los metales.pdf>
- Jiménez, C., Pantoja, A., & Leonel, H. (2016). Riesgos en la salud de agricultores por uso y manejo de plaguicidas, microcuena “La Pila”. *Universidad y Salud*, 18(3), 417.
<https://doi.org/10.22267/rus.161803.48>
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., & Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49-61.
<https://doi.org/10.4067/s0718-34292006000100009>
- Lenntech. (2017). *Rubidio (Rb): Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente*. <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/rb.htm>
- León, A., & Pérez, C. (2019). Análisis estadístico en investigaciones positivistas: Medidas de tendencia central. *Revista Científica Electrónica de Ciencias Humanas*, 71-82. www.revistaorbis.org.ve
- Ligarreto, G., & Suárez, M. (2003). *Evaluación del potencial de los recursos genéticos de papa Criolla (Solanum phureja) por calidad industrial*. 21(1-2), 83-94.



- Londoño, L., Londoño, P., & Muñoz, F. (2016). Los riesgos de metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145-153. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)
- Londoño, M., & Gómez, B. (2021). Nitratos y nitritos, la doble cara de la moneda. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 4(1), 110-119. <https://doi.org/10.35454/rncm.v4n1.202>
- López, C., Rodríguez, J., & Amaya, C. (2019). Aprovechamiento de cáscara de papa generada en la cafetería de Ciencias Biológicas de la UANL para la elaboración de harina rica en antioxidantes. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4. <https://doi.org/10.3390/molecules15128602>
- López, P., & Fachelli, S. (2015). *Metodología de la investigación social cuantitativa. I.2 El proceso de investigación.* 4-40. https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2016/163564/metinvsocua_a2016_cap1-2.pdf%0Ahttp://ddd.uab.cat/record/129382
- MAG. (2014). *Ecuador se proyecta a ser exportador de papa.* <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-se-proyecta-a-ser-exportador-de-papa/>
- MAG. (2018). *Informe de rendimientos de papa en el Ecuador 2017.* http://sipa.agricultura.gob.ec/biblioteca/rendimientos/Informe_papa_2017.pdf
- MAG. (2021). *Cifras Agroproductivas.* <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Magaña, Z., Atoche, E., Molina, C., Blanco, V., & Pérez, C. (2017). Estimación de la distancia a un objeto con visión computacional. *Ingeniería*, 21(2), 31-40. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46753192004>
- Maiga, A., Diallo, D., Bye, R., & Paulsen, B. (2005). Determination of some toxic and essential metal ions in medicinal and edible plants from Mali. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(6), 2316-2321. <https://doi.org/10.1021/jf040436o>



- Maldonado, R. (2019). Determinación de metales pesados y pérdidas poscosecha en papa (*Solanum tuberosum*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*). [Universidad Central del Ecuador]. En *Universidad Central del Ecuador*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/17506>
- Matos, F., Contreras, F., & Olaya, J. (2020). *Estadística descriptiva y probabilidad de la información con el uso del SPSS* (Asociación de bibliotecólogos del Perú (Ed.)). <https://archive.org/>
- McKight, P., & Najab, J. (2010). Kruskal-Wallis Test. En *The Corsini Encyclopedia of Psychology* (pp. 1-1). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9780470479216.corpsy0491>
- Mendenhall, W., Beaver, R., & Beaver, B. (2006). Introduction to probability and statistics. En *Cengage Learning* (13.^a ed.). <http://latinoamerica.cengage.com>
- Mendivelso, F., & Rodríguez, M. (2018). Prueba chi-cuadrado de independencia aplicada a tablas 2xN. *Rev.Medica.Sanitas*, 21(2), 92-95. <https://doi.org/10.26852/01234250.6>
- Montenegro, E. (2016). *Cocina tradicional ecuatoriana*. <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5933/1/129102.pdf>
- Morales, L., Pachacama, V., & Gómez, F. (2017). *Didáctica de la estadística descriptiva*. [http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/14209/1/Didáctica de la estadística descriptiva.pdf](http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/14209/1/Didáctica%20de%20la%20estadística%20descriptiva.pdf)
- Moreno, B., Soto, K., & González, D. (2015). El consumo de nitrato y su potencial efecto benéfico sobre la salud cardiovascular. *Rev. chil. nutr*, 42(2), 199-205. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182015000200013
- Mosquera, S., & Husserl, J. (2020). Metodología para el análisis de riesgo por exposición a arsénico, cadmio y plomo por consumo de arroz en Colombia [Uniandes]. En *Universidad de los Andes*. <http://hdl.handle.net/1992/48675>



- Moyano, M. (2014). *Fermentación en estado sólido de la papa (Solanum tuberosum), como alternativa tecnológica para la alimentación animal* [UNAD]. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2545/2014-06.pdf;jsessionid=68DFA8A0502494C5B6C58BC382F09522.jvm1?sequence=1&fbclid=IwAR2FsTqq0OX-EiXZGboZQVq5s0Qll-nUv5g3UbITmyXpYgWCd3VTeS0IGFw>
- Navarrete, M. (2011). Evaluación del efecto de la hidrácida maleica, sobre la vida útil y calidad de la variedad Yana shungo (*Solanum* spp). *INIAP*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1007>
- NCBI. (2021). *PubChem - Periodic table of elements*. National Library of Medicine. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/periodic-table/>.
- NCERT. (2016). *The p-Block elements*. <https://ncert.nic.in/ncerts/l/kech204.pdf>
- Núñez, C. (2018). Análisis de varianza no paramétrica: un punto de vista a favor para utilizarla. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 4(3), 69-79. <https://doi.org/10.30973/aap/2018.4.3/1>
- Núñez, S. (2016). *Evaluación de tres métodos de cruzamiento en dos genotipos diploides de papa (Solanum Phureja) para la obtención de segregantes*. 62.
- Olivares, B. (2014). Aplicación del análisis de componentes principales (ACP) en el diagnóstico socioambiental. Caso: sector Campo Alegre, municipio Simón Rodríguez de Anzoátegui. *Multiciencias*, 14(4), 364-374. <https://www.redalyc.org/pdf/904/90433839011.pdf>
- OMS. (2019). Nota informativa n° 107 de la OMS. *Actualización Sobre Las Impurezas De Nitrosaminas*. https://www.who.int/docs/default-source/essential-medicines/medical-alert-2019/information-note-nitrosamine-impurities-nov2019-esp.pdf?sfvrsn=d189497f_21
- OPS, & OMS. (1999). *Los aditivos alimentarios, residuos de plaguicidas, metales venenosos, pesados y otros, toxinas biológicas, residuos de antibióticos, hormonas y hongos post-cosecha en alimentos*.



- Papoh, N. (2019). Introductory chapter: Chalcogen chemistry - The footprint into new materials development. *Chalcogen Chemistry*, 1-7.
<https://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics>
- Peña, J. (2019). *Descripción metodológica del análisis clúster utilizando el algoritmo de Ward*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Pereira, S., & Trujillo, D. (2019). La eficiencia del mercado de valores ecuatoriano. *Revista Espacios*, 40(24), 15.
[https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/2884/TFGADE Mónica Ibáñez.pdf?sequence=1](https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/2884/TFGADE_Mónica_Ibáñez.pdf?sequence=1)
- Pérez, A., & Casasolas, A. (2015). Nanopartículas de plata en envases de uso alimentario. *Revista de Salud Ambiental*, 15(2), 80-87.
<https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/675>
- Polanco, M. (2016). El papel del análisis por componentes principales en la evaluación de redes de control de la calidad del aire. *Comunicaciones en Estadística*, 9(2), 271-294.
- Polo, M. (2009). *Análisis de la concentración de arsénico en tres alimentos: Papas (Solanum tuberosum), zanahoria (Daucus carota) y leche cruda producidos en las zona afectadas por el volcán Tungurahua (Mocha-Quero)* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/202/1/56T00174.pdf>
- Posada, G. (2016). *Elementos básicos de estadística descriptiva para el análisis de datos*. Fundación Universitaria Luis Amigó.
http://www.funlam.edu.co/uploads/fondoeditorial/120_Ebook-elementos_basicos.pdf
- Prada, R. (2012). Alternativa de aprovechamiento eficiente de recursos biodegradables: El caso del almidón residual derivado de la industrialización de la papa. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 72, 180-192.
- Pumisacho, M., & Sherwood, S. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador*.



- Quevedo, F. (2011). Medidas de tendencia central y dispersión. *Medwave*, 11(3), 1-6. <https://doi.org/10.5867/medwave.2011.03.4934>
- Quicaño, D. (2018). Las tierras raras y los actínidos. *Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle*, 1-186. <http://repositorio.une.edu.pe/handle/UNE/4097>
- Ramirez, D. (2010). *Caracterización física, química y nutricional de la papa chaucha (solanum phureja) cultivado en dos suelos edafoclimáticos del Ecuador, como base de estudio para la elaboración de una Norma técnica (papa chaucha fresca requisitos 2010) por parte del INEN [Universidad Tecnológica Equinoccial]*. <http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/5198>
- Reid, R., Dunbar, K., & MCLAughlin, M. (2003). Cadmium loading into potato tubers: the roles of the periderm, xylem and phloem. *Plant, Cell & Environment*, 26(2), 201-206. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2003.00945.x>
- Rendón, M., Villasís, M., & Miranda, M. (2016). Estadística descriptiva. *Revista Alergia México*, 63(4), 397-407. <https://doi.org/10.29262/ram.v63i4.230>
- Reyes, M., Vargas, Y., Burgos, F., & Navarrete, S. (2018). *Estadística, Una herramienta para la gestión (CIDEPRO (Ed.))*.
- Rojas, L., & Seminario, J. (2014). Productividad de diez cultivares promisorios de papa chaucha (*Solanum tuberosum* , grupo Phureja) de la región Cajamarca. *Scientia Agropecuaria*, 5, 165-175. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v5n4/a01v5n4.pdf>
- Romero, M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Enfermería del Trabajo*, 6(3), 105-114.
- Ropp, R. (2013). The alkaline earths as metals. En *Encyclopedia of the Alkaline Earth Compounds* (pp. 1-23). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-59550-8.00001-6>
- Ruxton, G., & Beauchamp, G. (2008). Time for some a priori thinking about post hoc testing. En *Behavioral Ecology* (Vol. 19, Número 3, pp. 690-693). Oxford Academic. <https://doi.org/10.1093/beheco/arn020>



- Salazar, C., & Castillo, S. (2017). *Fundamentos básicos de estadística*. Quito: sin editorial. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/13720>
- Salcedo, A., Díaz, S., González, J., Rodríguez, A., & Varona, M. (2012). Exposición a plaguicidas en los habitantes de la ribera del Río Bogotá (Suesca) y en el pez Capitán. *Revista Ciencias de la Salud*, 10(SPECIAL), 29-41.
- Sánchez, E., Vizcaino, G., Mejía, F., & Cipriani, I. (2018). Análisis mineralógico y multielemental de la ceniza volcánica, producto de la erupción del Cotopaxi en 2015, por difracción de rayos X (XRD) y espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) y sus posibles aplicaciones e impactos. *infoANALÍTICA*, 6(1), 9-23. <https://doi.org/10.26807/ia.v6i1.62>
- Sanderson, R. (2018). *Nitrogen group element*. Encyclopaedia Britannica, Inc. <https://www.britannica.com/science/nitrogen-group-element>
- Sękara, A., Poniedziałek, M., Ciura, J., & Jędrzeczyk, E. (2005). Cadmium and lead accumulation and distribution in the organs of nine crops: Implications for phytoremediation. *Polish Journal of Environmental Studies*, 14(4), 509-516. <http://www.pjoes.com/Cadmium-and-Lead-Accumulation-and-Distribution-in-the-Organs-of-Nine-Crops-Implications,87786,0,2.html>
- Sigler, A., & Bauder, J. (2012). Nitrato y nitrito. *División de Toxicología y Ciencias de la Salud*, 8.
- Sölpük, N. (2020). Karl Pearsons chi-square tests. *Educational Research and Reviews*, 15(9), 575-580. <https://doi.org/10.5897/err2019.3817>
- Suárez, S., Ale, N., Trabucco, J., & Sanabria, O. (2014). Polifenoles, micronutrientes minerales y potenciales antioxidantes de papas nativas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 80(2), 108-114. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v80n2/a04v80n2.pdf>
- Traverso, M., & Longo, A. (2014). *Panorama varietal de la papa. Sus usos en la cocina*. INTA. <https://inta.gob.ar/documentos/panorama-varietal-de-la-papa.-sus-usos-en-la-cocina>



- Trawinski, B., Smetek, M., Telec, Z., & Lasota, T. (2012). Nonparametric statistical analysis for multiple comparison of machine learning regression algorithms. *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*, 22(4), 867-881. <https://doi.org/10.2478/v10006-012-0064-z>
- Trujillo, G. (2004). *Desarrollo de marcadores SCAR y CAPS en un QTL con efecto importante sobre la resistencia al tizón tardío de la papa* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/3298/Trujillo_lg.pdf?sequence=1
- UB. (2016). *Contraste de normalidad*. http://www.ub.edu/aplica_infor/spss/cap5-6.htm
- UBU. (2019). *Espectrometría de masas de plasma (ICP-MS)*. <https://www.ubu.es/parque-cientifico-tecnologico/servicios-cientifico-tecnicos/espectrometria/espectrometria-de-masas-de-plasma-icp-ms>
- Unigarro, C. (2010). *Patrimonio cultural alimentario*. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=52870>
- US EPA. (1994). *Method 200.8: Determination of trace elements in waters and wastes by inductively coupled Plasma-Mass spectrometry, revision 5.4*. Cincinnati, OH. <https://www.epa.gov/esam/epa-method-2008-determination-trace-elements-waters-and-wastes-inductively-coupled-plasma-mass>
- US, & UDC. (2011). *Manual del carbón activo*.
- Villacrés, E., Quilca, N., Monteros, C., & Reinoso, I. (2011). *Valoración nutricional y funcional de papas nativas*.
- Villacrés, E., Quilca, N., Reinoso, I., Monteros, C., & Muñoz, R. (2011). Valorización nutricional y funcional de las papas nativas (*Solanum andígena ssp.*). INIAP. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2853>
- Yamamoto, M. (2015). Estadísticas para el clínico. El análisis estadístico de datos pareados y relacionados. *Revista electrónica científica y académica de clínica alemana*, 5(2), 85-88.



ANEXOS



ANEXO 1. INFORMACIÓN DE LUGARES DE COMPRA Y PROCEDENCIA DE PROCEDENCIA DE LAS PAPAS

**Tabla A 1 Posibles puntos de muestreo**

	Mercados	Supermercados	Mercados Orgánicos
Sur	27 de Febrero La Colina CIA Ltda. Plataforma Municipal Itinerante Narancay	Supermaxi Don Bosco Coral Mall del Río Supermercado Patricia Supermaxi El Vergel	La Huerta del día La Chacka
Este	EBC	Supermaxi Gran AKI Totoracocha	Mundo Orgánico
Centro	10 de Agosto 3 de Noviembre 9 de Octubre 12 de Abril	Gran Sol Mega Santa Cecilia Coral Hipermercados Supermercado Center Plaza Tía	El Tokte
Oeste	Feria Libre	Megatienda del Sur Tía Fertisa Cuenca Supermaxi Las Américas Fullmarket	Gaia Tienda Orgánica Arándano

Elaborado por: Alvitres & Alvarez (2021)

Tabla A 2 Resultados de consulta

	LOCALIDAD	CHAUCHA AMARILLA		INIAP CECILIA	
		¿A la venta?	Procedencia	¿A la venta?	Procedencia
SUPERMERCADO	Supermaxi	No	X	Sí	Quito
	Coral	No	X	Sí	Ambato
	Supermercado Patricia	No	X	No	X
	Gran Akí	No	X	No	X
	Arándano	No	X	No	X
	Megatienda del Sur	No	X	No	X
	Tía	No	X	Sí	Quito
	Gran Sol	No	X	No	X

Elaborado por: Alvitres & Alvarez (2021)



Tabla A 2 (Continuación) Resultados de consulta

LOCALIDAD	CHAUCHA AMARILLA		INIAP CECILIA			
	¿A la venta?	Procedencia	¿A la venta?	Procedencia		
MERCADOS	Mercado 27 de Febrero	Sí	Paute	No	X	
	La Colina CIA. Ltda.	No	X	No	X	
	Plataforma municipal itinerante Narancay	No	X	No	X	
	Feria Libre	Sí	Paute	Sí	Ambato	
	Mercado 10 de Agosto	Sí	Paute	No	X	
	Mercado 3 de Noviembre	Sí	Paute	No	X	
	Mercado 9 de Octubre	Sí	Paute	No	X	
	Mercado 12 de Abril	Sí	Paute	No	X	
	Mega Santa Cecilia	No	X	No	X	
	ORGÁNICO	La huerta del día	No	X	No	X
		Gaia Tienda Orgánica	No	X	No	X
Mundo Orgánico		No	X	No	X	
El Tokte		No	X	No	X	

Elaborado por: Alvitres & Alvarez (2021)



ANEXO 2. COMPARACIÓN DE CONCENTRACIONES

**Tabla A 3 Contenido medio de los elementos analizados en papas por otros autores (mg/100 g)**

Compuesto / Elementos	Media mg/100g	Origen	Referencia
Nitratos	15.8	Dinamarca	(ATSDR & CDC, 2021)
Al	0.58	Tenerife	(González et al., 2009)
Ca	5.2	Suecia	(Becker et al., 2011)
	6.6	España	(González, 2012)
	4.5	Cotopaxi	(Ramirez, 2010)
	8.5	Carchi	(Ramirez, 2010)
Cu	0.07	Suecia	(Becker et al., 2011)
	0.12	España	(González, 2012)
K	424	Suecia	(Becker et al., 2011)
	415.4	España	(González, 2012)
	521	Cotopaxi	(Ramirez, 2010)
	522.65	Carchi	(Ramirez, 2010)
	1741	Ecuador	(Villacrés et al., 2011)
Mg	22.5	Suecia	(Becker et al., 2011)
	27.6	España	(González, 2012)
	23.5	Cotopaxi	(Ramirez, 2010)
	24	Carchi	(Ramirez, 2010)
Na	29.8	Suecia	(Becker et al., 2011)
	13.6	España	(González, 2012)
P	44	Estados Unidos	(FAO, 2008)
As	$3.35 \cdot 10^{-3}$	Riobamba, Ecuador	(Polo, 2009)
B	$62 \cdot 10^{-3}$	Estados Unidos	(ATSDR & CDC, 2021)
Be	$5.9 \cdot 10^{-3}$	Estados Unidos	(ATSDR & CDC, 2021)
Cd	$1.3 \cdot 10^{-3}$	Suecia	(Becker et al., 2011)
	$1 \cdot 10^{-3}$	España	(González, 2012)

Elaborado por: Alvitres & Alvarez (2021)

**Tabla A 3 (Continuación) Contenido medio de los elementos analizados en papas por otros autores (mg/100 g)**

Compuesto / Elementos	Media mg/100g	Origen	Referencia
Co	0.8*10 ⁻³	Suecia	(ATSDR & CDC, 2021)
Cr	0.5*10 ⁻³	Suecia	(Becker et al., 2011)
	1.8*10 ⁻³	España	(González, 2012)
Fe	0.39	Suecia	(Becker et al., 2011)
	0.47	España	(González, 2012)
	6	Ecuador	(Villacrés et al., 2011)
Mn	170*10 ⁻³	Suecia	(Becker et al., 2011)
	160*10 ⁻³	España	(González, 2012)
	1160*10 ⁻³	Perú	(Suárez et al., 2014)
Nd	-		
Ni	3*10 ⁻³	Suecia	(Becker et al., 2011)
	5.4*10 ⁻³	España	(González, 2012)
Pb	0.3*10 ⁻³	Suecia	(Becker et al., 2011)
	1.4*10 ⁻³	España	(González, 2012)
Se	3.92	Perú	(Suárez et al., 2014)
	13*10 ⁻³	Estados Unidos	(ATSDR & CDC, 2021)
Sr	70*10 ⁻³	Tenerife	(González et al., 2009)
Th	190*10 ⁻³	Brasil	(ATSDR & CDC, 2021)
U	280*10 ⁻³	Estados Unidos	(ATSDR & CDC, 2021)
	1650*10 ⁻³	Estados Unidos	(ATSDR & CDC, 2021)
Zn	0.28mg	Suecia	(Becker et al., 2011)
	0.34	España	(González, 2012)
	3.72	Perú	(Suárez et al., 2014)

Elaborado por: Alvitres & Alvarez (2021)



Tabla A 4 Índices de toxicidad de los elementos analizados

Compuesto Elementos	Unidad	Concentración	Índice de toxicidad	Referencia
Nitratos	mg/kg/día	4	MRL	(ATSDR & CDC, 2021)
Al	mg/kg/día	0.3	MRL	(ATSDR & CDC, 2021)
Ca	mg/día	800	CDR	(Gabarra et al., 2017)
Cu	mg/día	1	CDR	(Gabarra et al., 2017)
K	mg/día	2000	CDR	(Gabarra et al., 2017)
Mg	mg/día	375	CDR	(Gabarra et al., 2017)
Na	mg/día	575 - 3500	ARI	(García, 2006)
P	mg/día	700	CDR	(Gabarra et al., 2017)
Ag	µg/kg/día	0.5	NOAEL	(Pérez & Casasolas, 2015)
As	µg/kg/día	5	MRL	(ATSDR & CDC, 2021)
B	µg/kg/día	200	MRL	(ATSDR & CDC, 2021)
Ba	µg/kg/día	200	MRL	(ATSDR & CDC, 2021)
Be	µg/kg/día	2	MRL	(ATSDR & CDC, 2021)
Cd	µg/kg/día	0.5	MRL	(ATSDR & CDC, 2021)
Co	µg/kg/día	10	MRL	(ATSDR & CDC, 2021)
Cr	µg/día	40	CDR	(Gabarra et al., 2017)
Cs	mg/kg/día	34	NOAEL	(ATSDR & CDC, 2021)
Fe	mg/día	14	CDR	(Gabarra et al., 2017)
Mn	mg/día	2	CDR	(Gabarra et al., 2017)
Ni	µg/kg/día	14	NOAEL	(ATSDR & CDC, 2021)
Pb	µg/kg/día	3.57	RfD	(Mosquera & Husserl, 2020)
Se	µg/día	55	CDR	(Gabarra et al., 2017)
Sr	mg/kg/día	2	MRL	(ATSDR & CDC, 2021)
U	µg/kg/día	2	MRL	(ATSDR & CDC, 2021)
V	µg/kg/día	1	MRL	(ATSDR & CDC, 2021)
Zn	mg/día	10	CDR	(Gabarra et al., 2017)

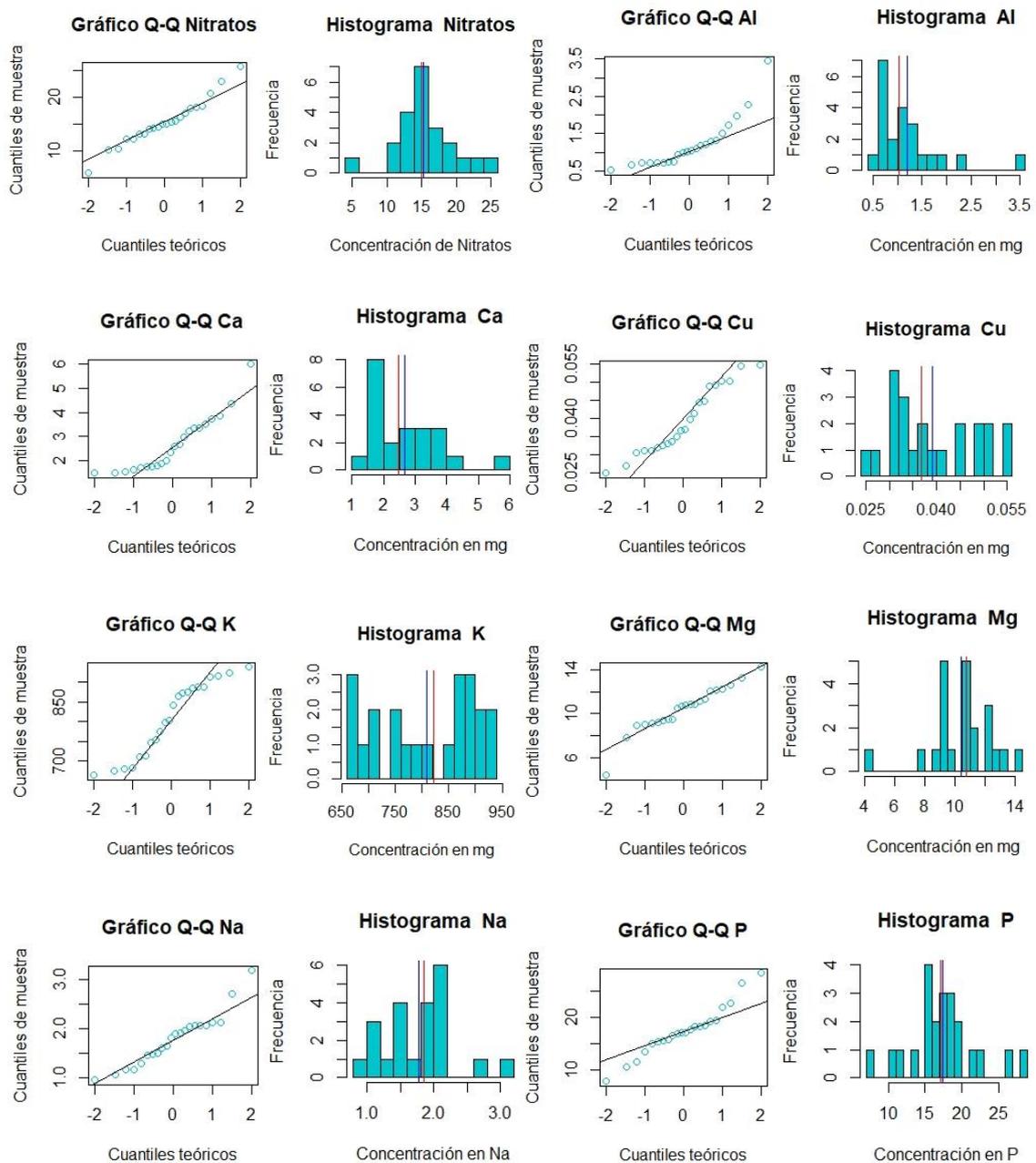
MRL=Nivel de riesgo mínimo; CDR=Cantidad diaria recomendable; ARI=Aceptable de ingesta; NOAEL=Niveles bajos de efectos adversos observados; RfD=Dosis oral de referencia
Elaborado por: Alvitres & Alvarez (2021)



ANEXO 3. COMPROBACIÓN DE SUPUESTOS DE NORMALIDAD Y HOMOCEDASTICIDAD

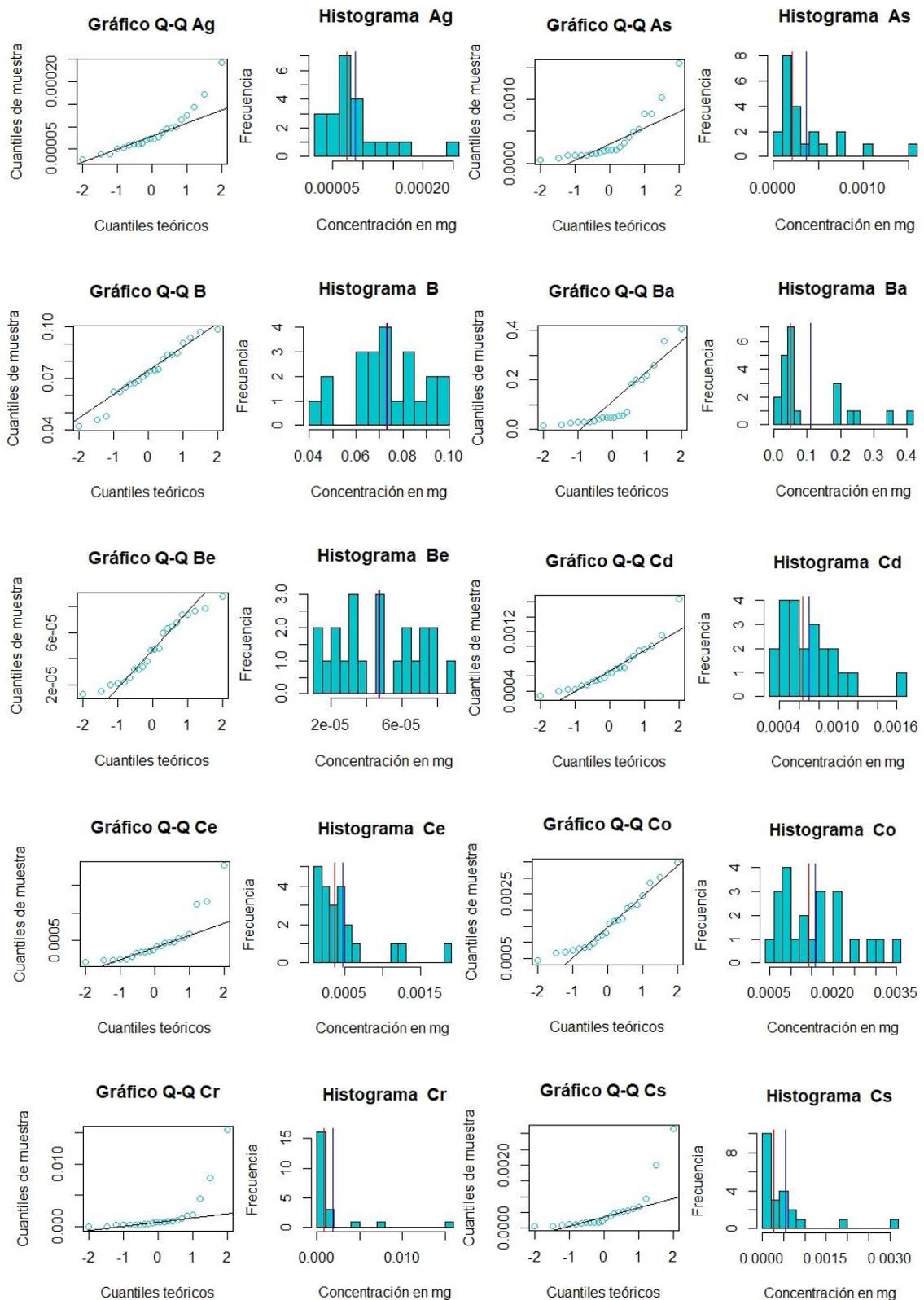
En la Figura A 1, se encuentra gráficos Cuantil-Cuantil (Q-Q) que, la línea negra, representa la línea de tendencia teórica y los puntos la distribución de los datos, y los Histogramas representan la concentración de los datos versus la frecuencia, adicionalmente se encuentran líneas azules y rojas, las cuales representan la media y la mediana respectivamente.

Figura A 1 Pruebas gráficas de normalidad

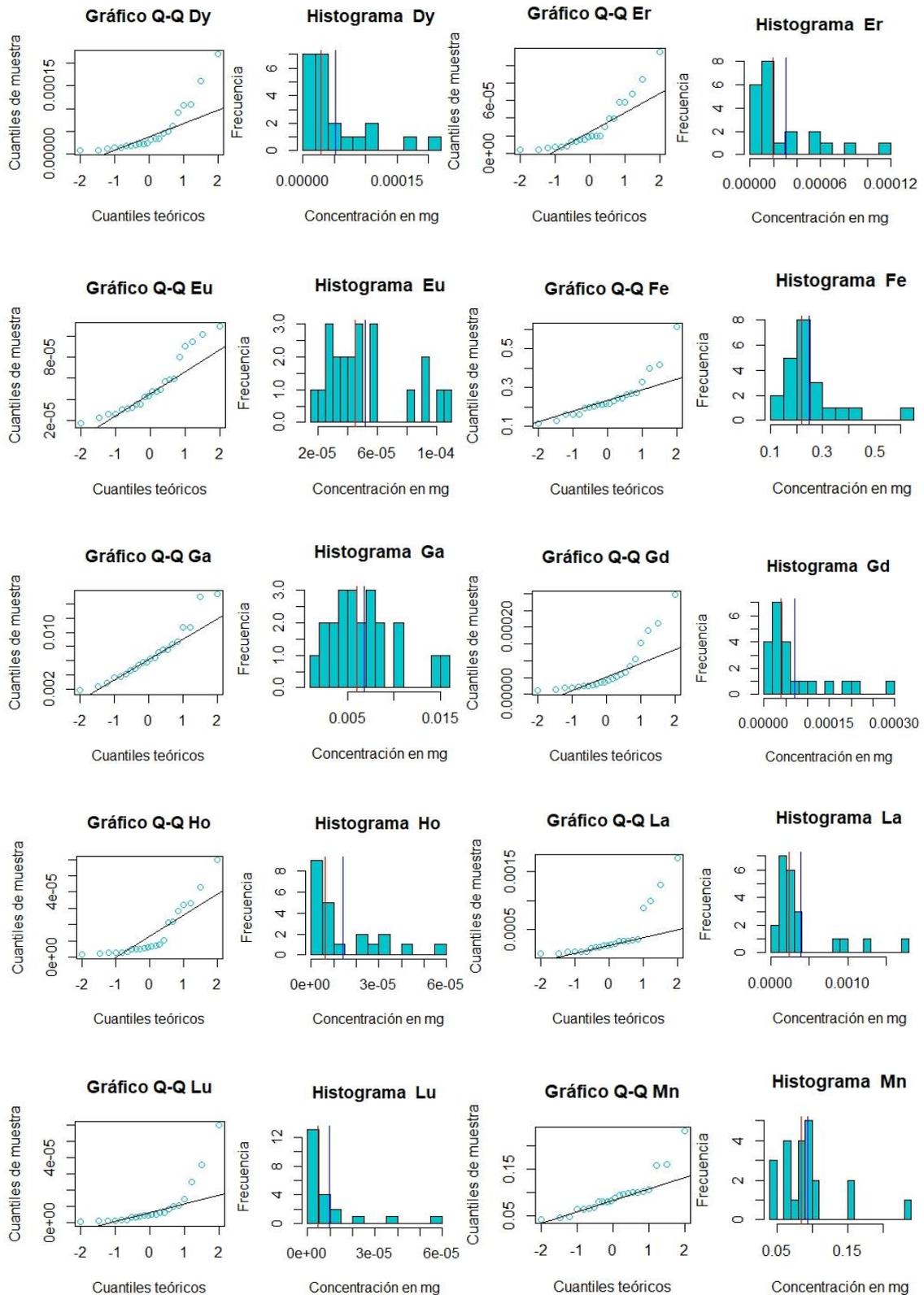


Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

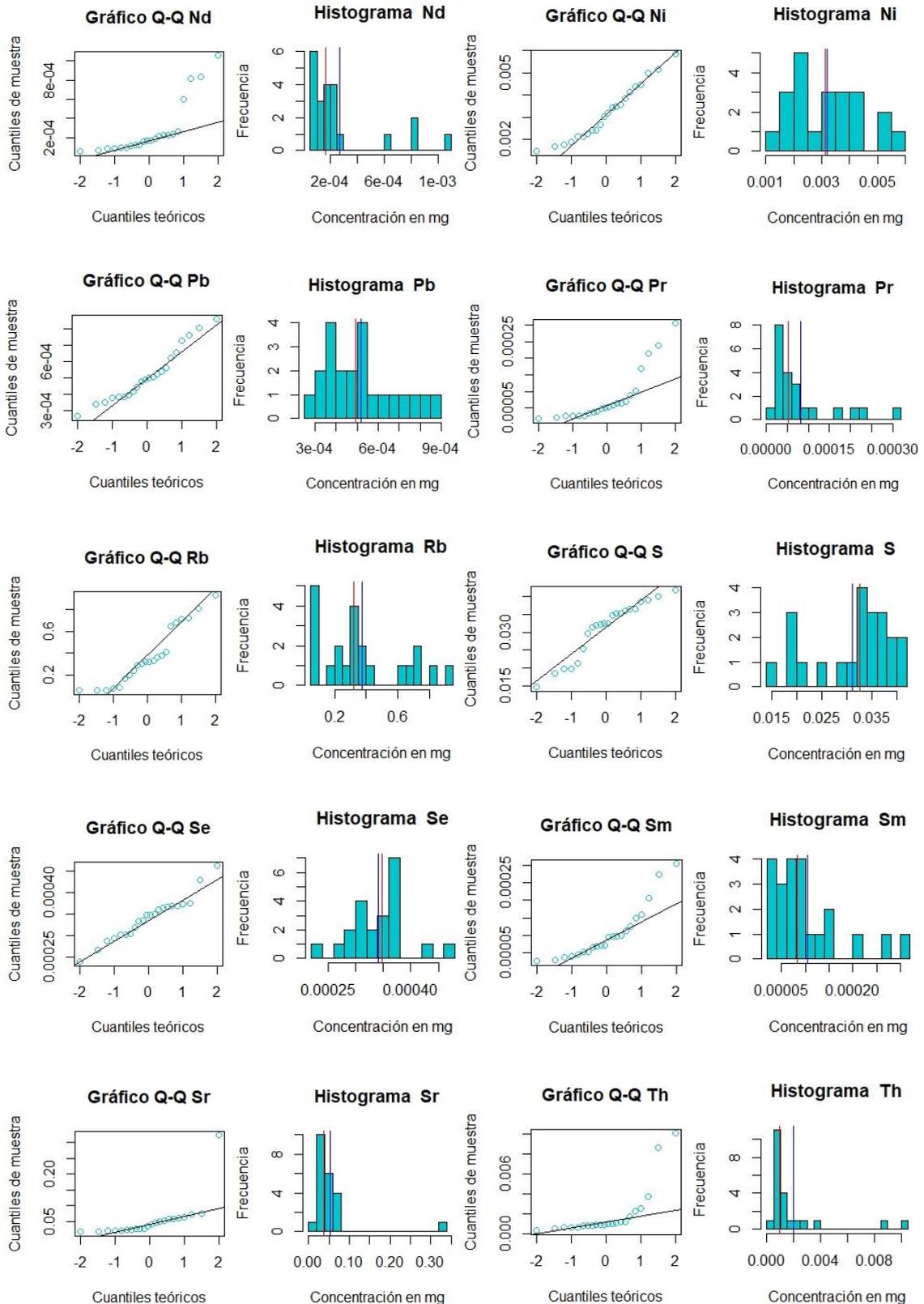
Figura A 1 (Continuación) Pruebas gráficas de normalidad



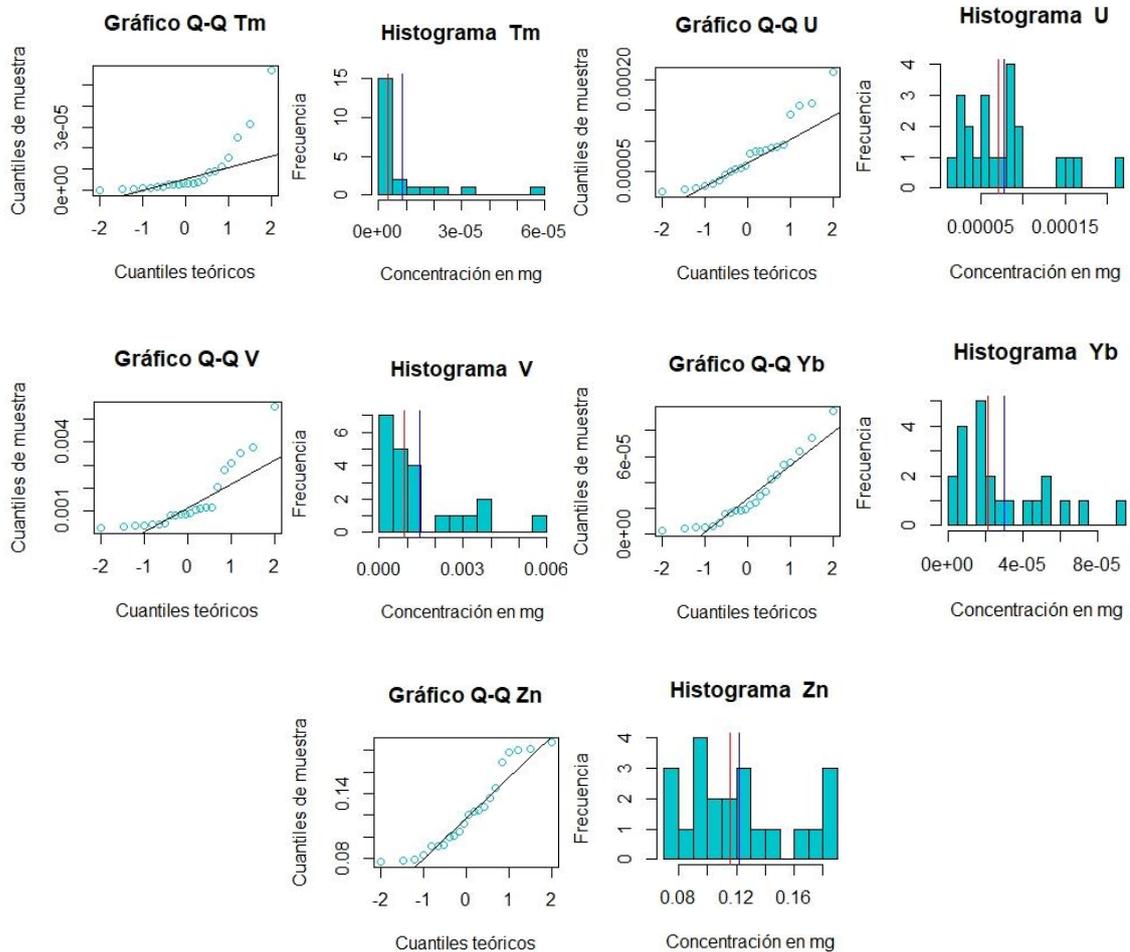
Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

Figura A 1 (Continuación) Pruebas gráficas de normalidad

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

Figura A 1 (Continuación) Pruebas gráficas de normalidad

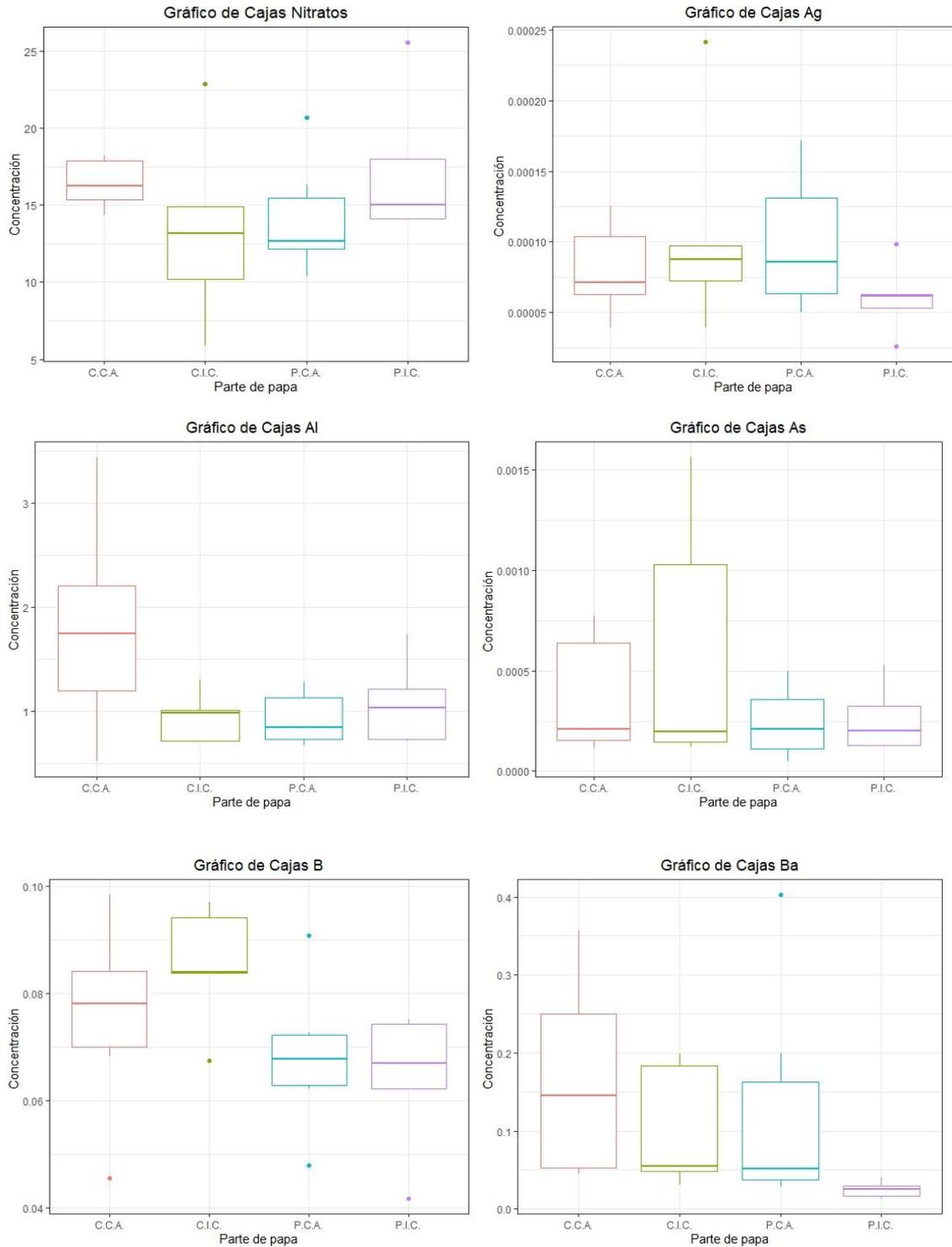
Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

Figura A 1 (Continuación) Pruebas gráficas de normalidad

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

En la Figura A 2, se observan las concentraciones de nitratos y los metales analizados en los gráficos de ‘Cajas y Bigotes’ en los que se compara cuatro categorías de la variable (parte de papa por variedad) mostrando la distribución por concentraciones encontradas en las papas en miligramos contenidas en 100 gramos de papa. Es decir, las distribuciones corresponden a la variable concentración en miligramos y cada serie corresponde a una categoría, ya sea, C.C.A. (Cáscara Chaucha Amarilla), C.I.C. (Cáscara INIAP Cecilia), P.C.A. (Pulpa Chaucha Amarilla) y P.I.C. (Pulpa INIAP Cecilia).

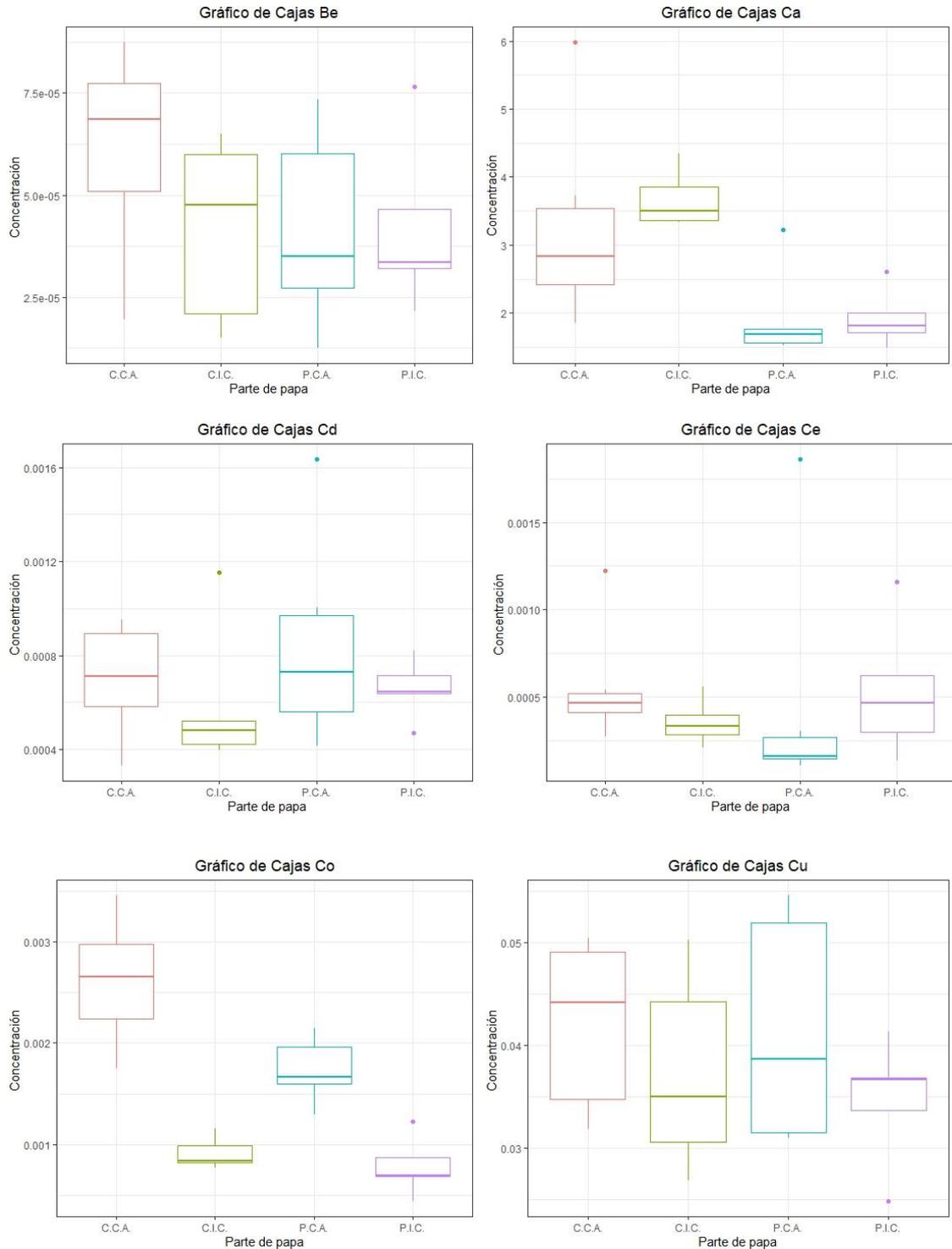
Figura A 2 Diagramas de cajas y bigotes de nitratos y metales



Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)



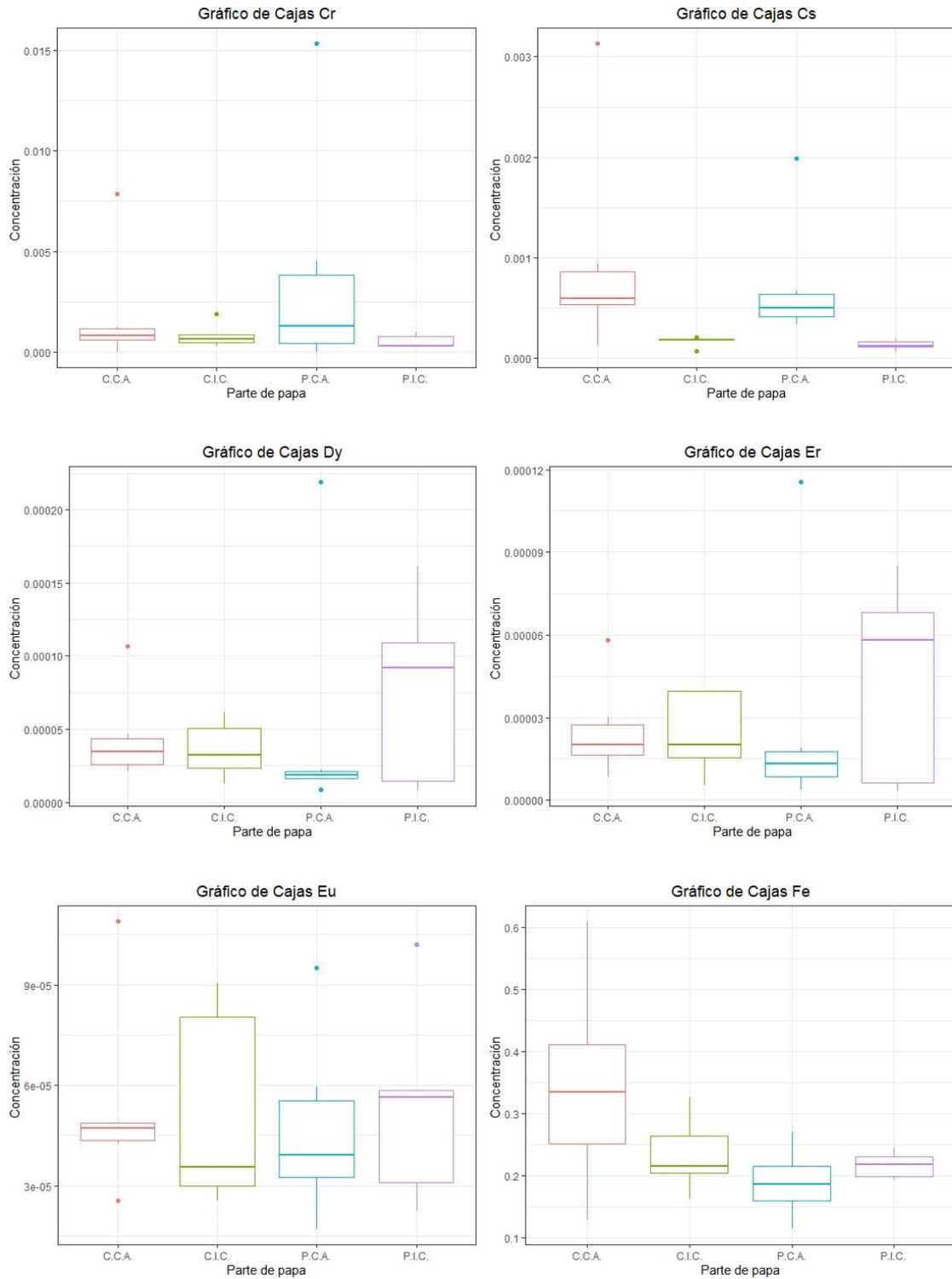
Figura A 2 (Continuación) Diagramas de cajas y bigotes de nitratos y metales



Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)



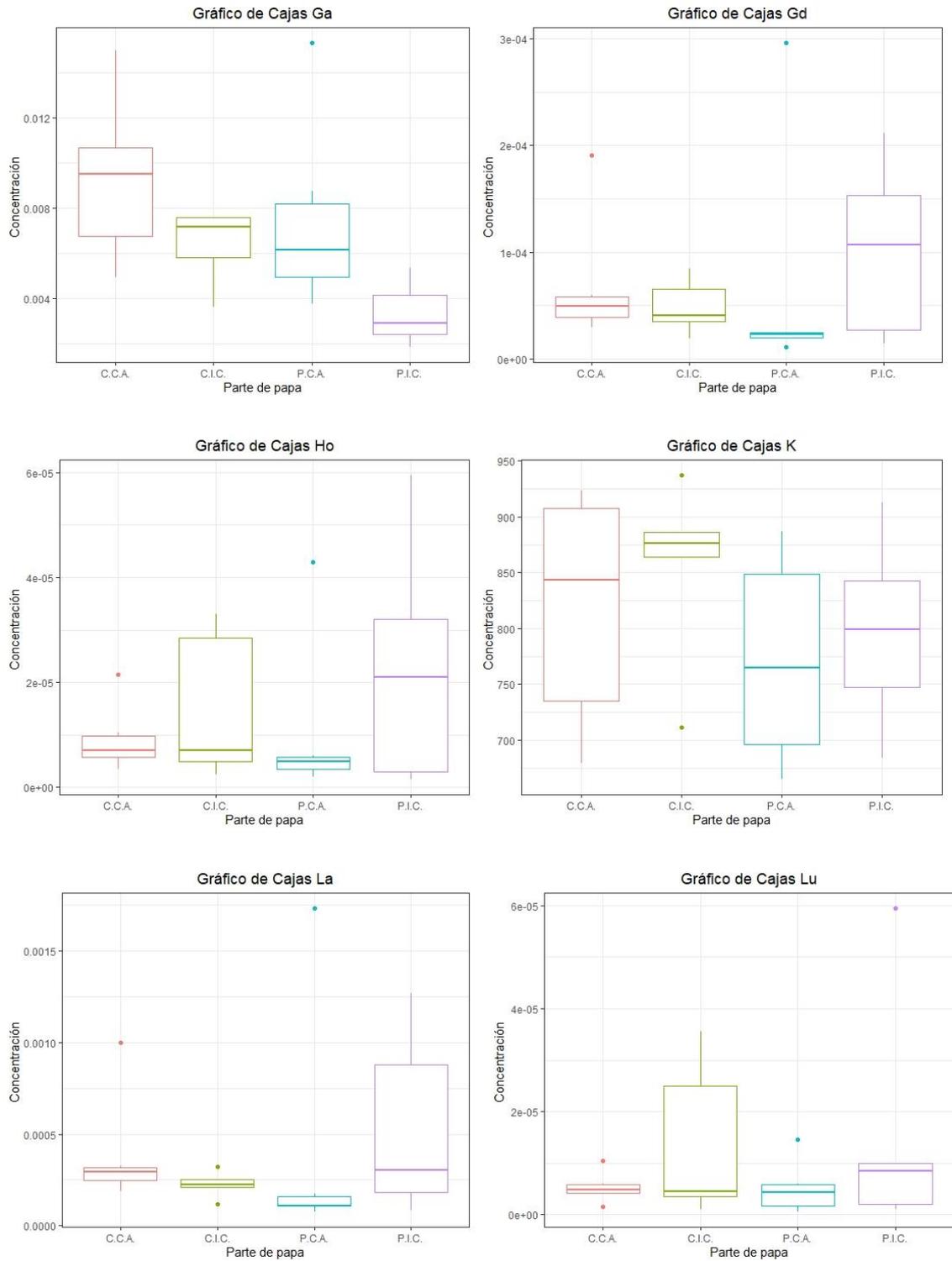
Figura A 2 (Continuación) Diagramas de cajas y bigotes de nitratos y metales



Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)



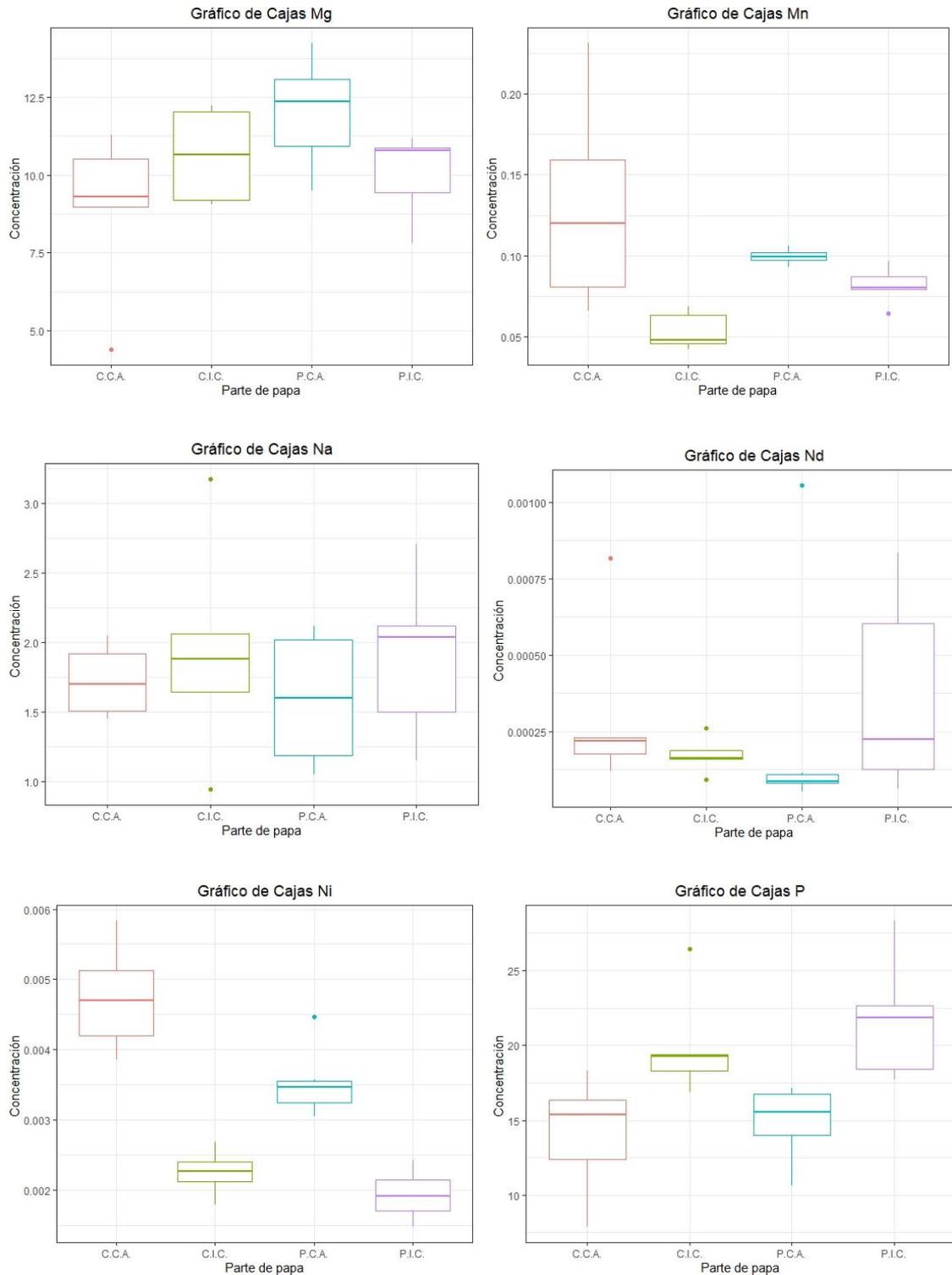
Figura A 2 (Continuación) Diagramas de cajas y bigotes de nitratos y metales



Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)



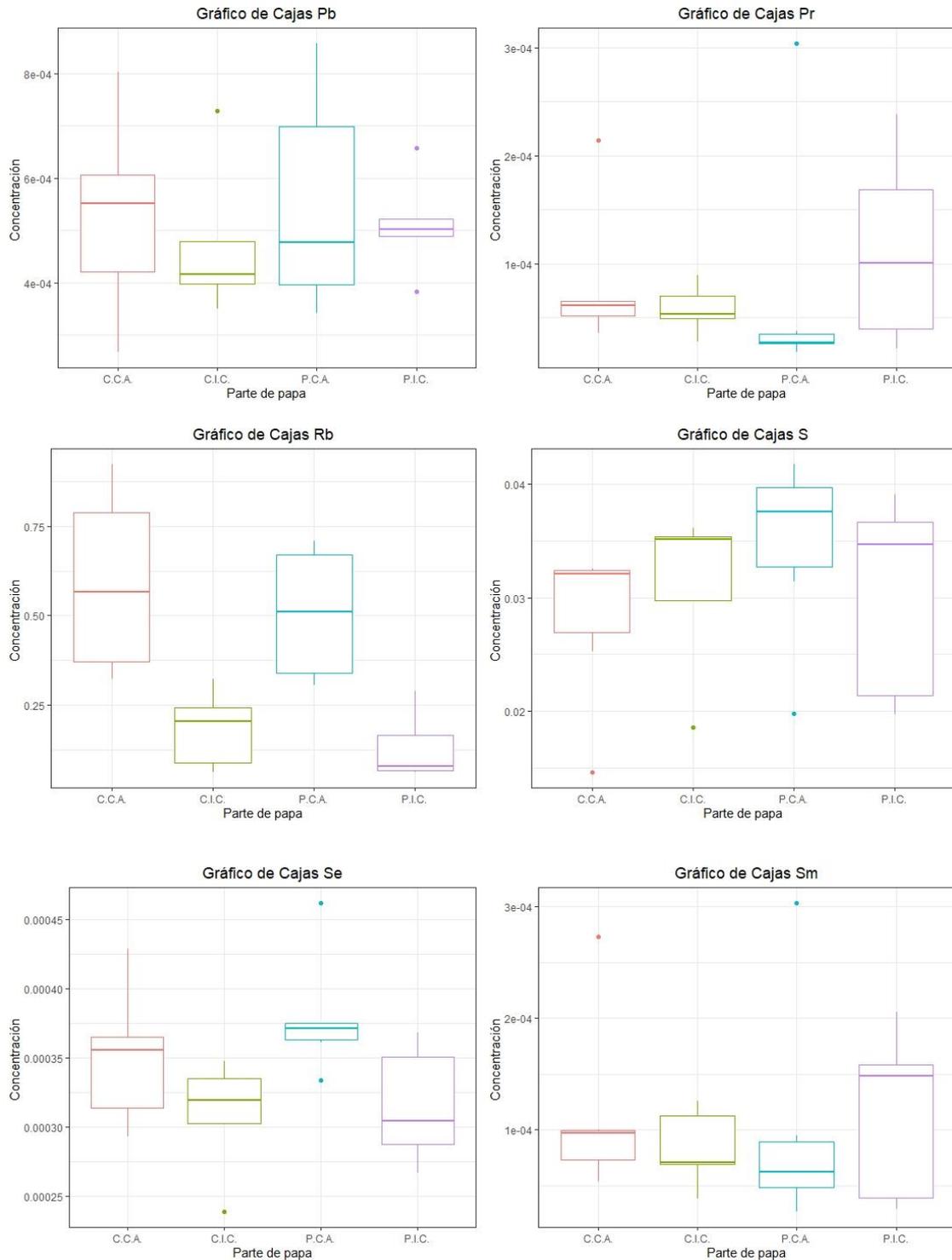
Figura A 2 (Continuación) Diagramas de cajas y bigotes de nitratos y metales



Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)



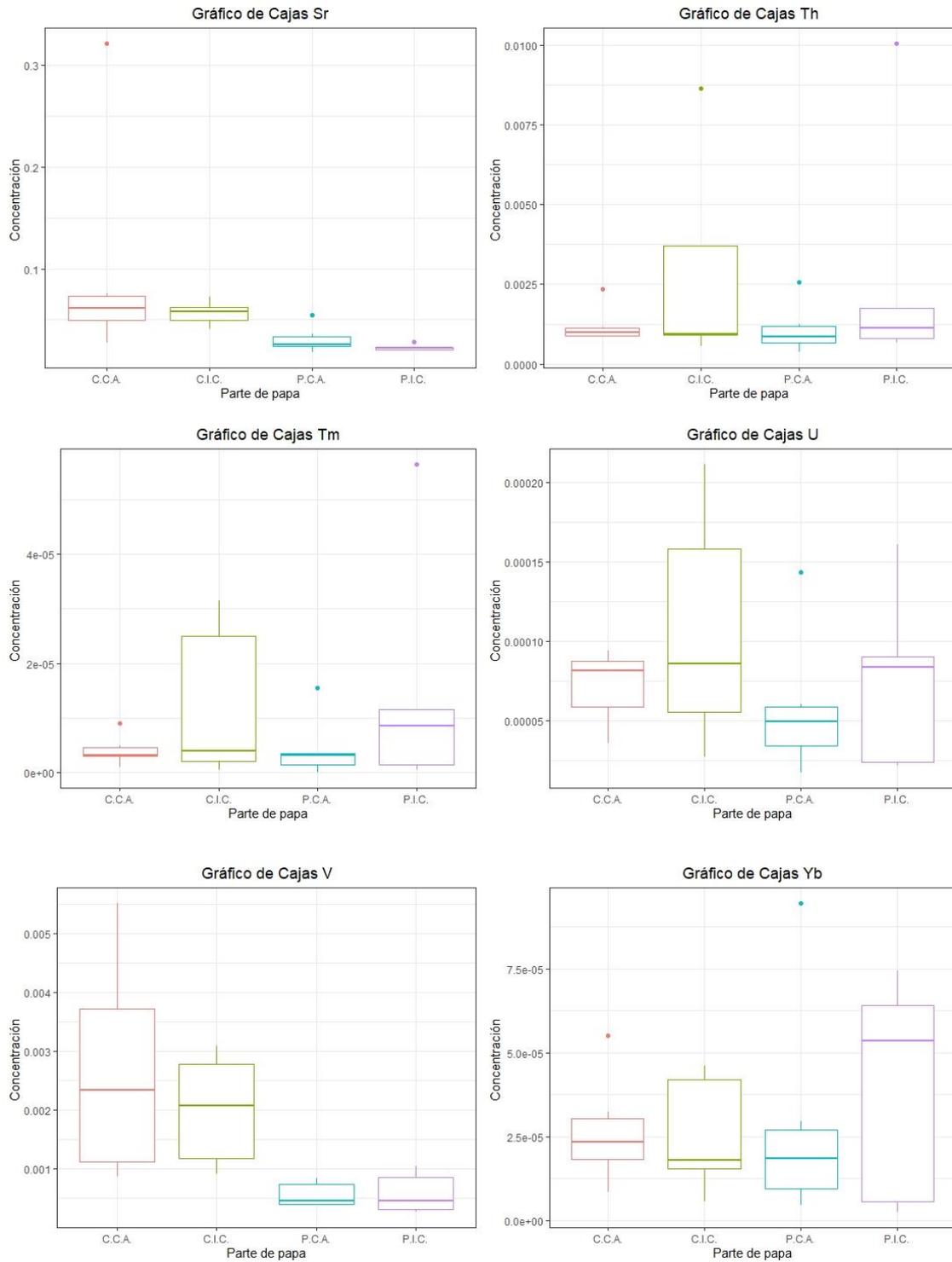
Figura A 2 (Continuación) Diagramas de cajas y bigotes de nitratos y metales



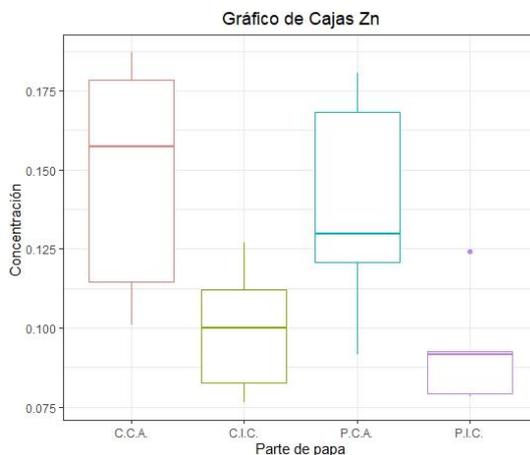
Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)



Figura A 2 (Continuación) Diagramas de cajas y bigotes de nitratos y metales



Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

Figura A 2 (Continuación) Diagramas de cajas y bigotes de nitratos y metales

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

En la Figura A 2

Figura A la distribución de los datos representada por el rango intercuartílico, muestra que, las concentraciones de los elementos Pb, Cd, Co, Cu, Ag, Cs, Al, P, Fe, Rb y Zn presentan mayor dispersión en la variedad Chaucha Amarilla, ya sea cáscara, pulpa o ambos, por otro lado, en los elementos Ce, Dy, Er, Gd, La, Sm, Yb, Lu, Nd, Pr, Tm, Ho, Th, U y P presentan mayor dispersión en la variedad INIAP Cecilia, ya sea en cáscara, pulpa o ambos, en el caso de Eu presenta dispersión de las concentraciones para ambas variedades. Concentraciones que presentaban mayor dispersión en cáscara para ambas variedades y correspondían a los elementos Ca, K, Mn, Sr, V, Be y Ga, mostrando estos dos últimos distribución con sesgo negativo y positiva para As. Las concentraciones con mayor dispersión en pulpa correspondían a Cr, Be, Ga, los dos últimos con sesgo positivo. Los datos de concentraciones que no se reconocía una aparente variabilidad en la distribución entre ellos, fueron los de nitratos, Mg, Na, B, Ba, S, Se y Ni.

Las dispersiones que se describen serán confirmadas a través de pruebas estadísticas en la Tabla A 5 a través de pruebas de homocedasticidad.

Se realizaron pruebas estadísticas para comprobar los supuestos de Independencia, Normalidad y Homocedasticidad. Para la Independencia se realizó la prueba chi Cuadrado, para la Normalidad se realizaron las pruebas de Shapiro Wilk, Jarque Bera y



Pearson, y para la Homocedasticidad se realizaron las pruebas de Bartlett, Levene y Fligner Killeen. En la tabla A 5 se puede observar los resultados de las pruebas.

Tabla A 5 Valor p de pruebas estadísticas de supuestos de independencia, normalidad y homocedasticidad

	Chi Cuadrado	Shapiro Wilk	Jarque Bera	Pearson	Bartlett	Levene	Fligner Killeen
Nitratos	0.22	0.74	0.71	0.70	0.09	0.52	0.73
Al (*)	1.00	***	***	**	*	0.33	0.86
Ca (*)	0.97	*	0.07	***	*	0.3	0.22
Cu	1.00	0.15	0.45	0.07	0.69	0.26	0.25
K	***	*	0.36	0.16	0.97	0.71	0.87
Mg	0.99	0.20	0.10	0.82	0.64	0.90	0.85
Na	1.00	0.20	0.41	0.12	0.16	0.44	0.43
P	0.19	0.45	0.70	0.25	0.74	0.85	0.83
Ag (*)	1.00	**	***	0.06	0.15	0.59	0.52
As (*)	1.00	***	***	**	*	0.33	0.86
B	1.00	0.56	0.76	0.48	0.85	0.87	0.92
Ba (*)	1.00	***	*	***	**	0.24	0.16
Be	1.00	0.16	0.43	0.25	1	0.96	0.95
Cd (*)	1.00	*	**	0.20	0.14	0.36	0.26
Ce (*)	1.00	***	***	**	*	0.81	0.75
Co	1.00	0.31	0.39	0.09	0.07	0.06	0.09
Cr (*)	1.00	***	***	***	***	0.34	0.09
Cs (*)	1.00	***	***	**	***	0.38	0.06
Dy (*)	1.00	***	***	**	0.04	0.64	0.50
Er (*)	1.00	***	**	**	0.11	0.64	0.56
Eu	1.00	*	0.25	*	0.99	0.94	0.96
Fe (*)	1.00	**	***	0.12	**	*	*
Ga	1.00	0.06	0.16	0.25	0.11	0.39	0.35
Gd (*)	1.00	***	***	**	0.07	0.73	0.58

Valor p *** < 0.001, Valor p ** < 0.01, Valor p * < 0.05



(*) Elementos que no cumplen los supuestos y se deben utilizar pruebas No Paramétrica
Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

Tabla A 5 (Continuación) Valor p de pruebas estadísticas de supuestos de independencia, normalidad y homocedasticidad

	Chi Cuadrado	Shapiro Wilk	Jarque Bera	Pearson	Bartlett	Levene	Fligner Killeen
Ho (*)	1.00	***	**	***	0.11	0.34	0.35
La (*)	1.00	***	***	***	**	0.61	0.46
Lu (*)	1.00	***	***	***	***	0.35	0.42
Mn (*)	1.00	**	***	0.09	***	***	**
Nd (*)	1.00	***	**	***	*	0.65	0.42
Ni	1.00	0.32	0.50	0.32	0.36	0.17	0.14
Pb	1.00	0.21	0.43	0.25	0.51	0.55	0.45
Pr (*)	1.00	***	**	***	0.06	0.68	0.58
Rb	1.00	*	0.38	0.07	0.18	**	*
S	1.00	*	0.32	0.07	0.97	0.92	0.82
Se	1.00	0.60	0.83	0.16	0.99	0.93	0.94
Sm (*)	1.00	**	*	*	0.30	0.84	0.80
Sr (*)	1.00	***	***	***	***	0.34	0.08
Th (*)	1.00	***	***	***	***	0.45	0.56
Tm (*)	1.00	***	***	***	***	0.29	0.32
U	1.00	*	0.13	0.25	0.15	0.27	0.40
V (*)	1.00	***	***	***	***	***	**
Yb	1.00	*	0.15	0.07	0.30	0.62	0.75
Zn	1.00	*	0.36	0.12	0.41	0.25	0.32

Valor p *** < 0.001, Valor p ** < 0.01, Valor p * < 0.05

(*) Elementos que no cumplen los supuestos y se deben utilizar pruebas No Paramétrica

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)



Se considera un valor de significancia de 0.05 en todas las pruebas para poder rechazar o aceptar que las muestras presentan medias iguales. Se observa, el valor p es mayor a 0.05 en la prueba de independencia chi Cuadrado, excepto en Potasio, por lo tanto, no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula que las muestras presentan independencia.

Para las pruebas de Normalidad, la mayoría de datos no presentaron Normalidad, por lo tanto, se deben usar las pruebas no paramétricas Kruskal Wallis y pruebas entre pares Wilcoxon. En los datos que presentaron Normalidad, se puede usar la prueba paramétrica ANOVA y la prueba entre pares T.

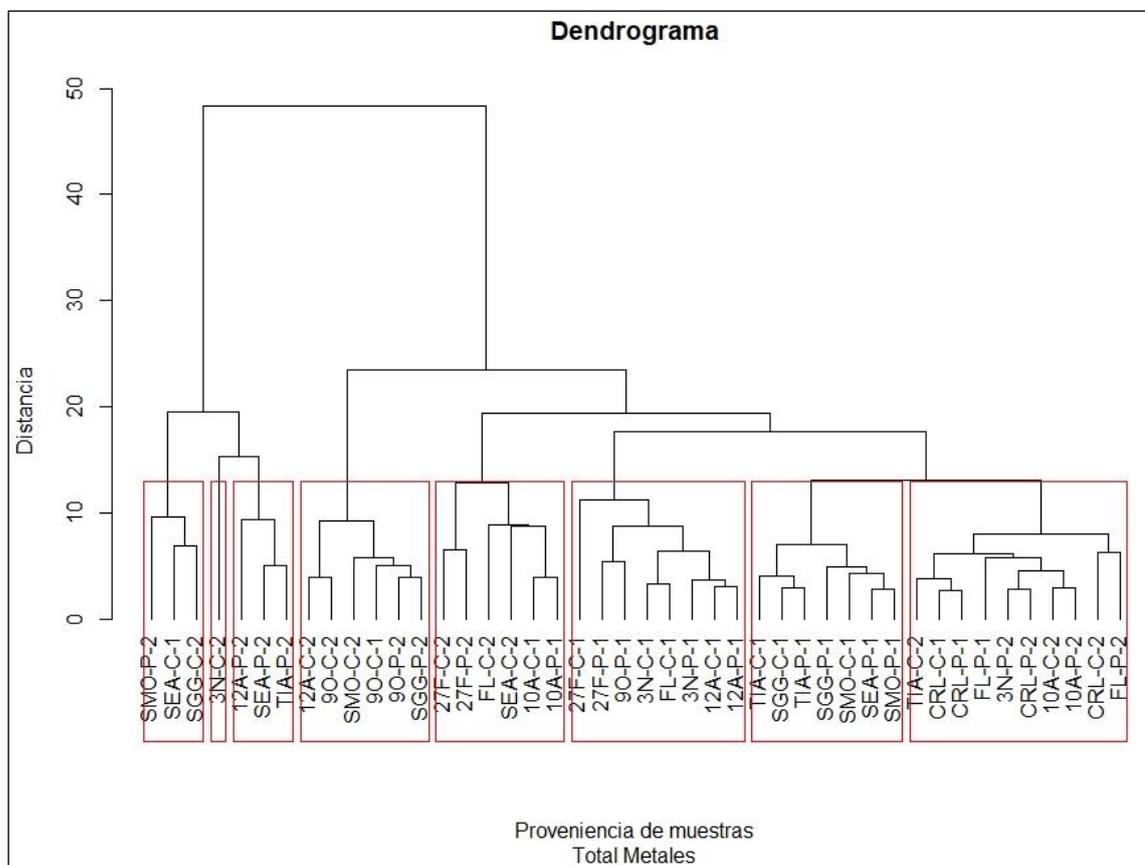


ANEXO 4. PRUEBAS DE ANÁLISIS MULTIVARIADO

Clúster

En el análisis multivariado, se realizó el análisis clúster con el método Ward. En la Figura A 3, se observa el análisis realizado con todos los sitios de muestreo. En este caso, la similitud existente dentro de cada clúster no es la más acertada, por lo que se decidió descartar los sitios 3N-C-2, 12A-P-2, SMO-C-2, SGG-P-2 SEA-C-2 y realizar nuevamente el análisis, teniendo como resultado el Dendrograma de Similitudes que se puede observar en la siguiente figura.

Figura A 3 Dendrograma de similitudes de metales completo



Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)



Tabla A 6 Promedio de concentraciones de metales en mg/100g entre grupos formados por clúster

Grupos Elementos	1	2	3	4	5	6	7
Ag	0,000036	0,000114	0,000098	0,0000676	0,000113	0,0000584	0,000068
Al	1,85	1,33	1,7	0,659	0,976	1,31	1,48
As	0,00014	0,0000657	0,000563	0,000498	0,000139	0,000204	0,000284
B	0,109	0,0652	0,0901	0,0686	0,0791	0,0825	0,0583
Ba	0,047	0,282	0,174	0,0343	0,132	0,0903	0,014
Be	0,000064	0,000081	0,0000558	0,0000176	0,000054	0,0000604	0,0000645
Ca	2,14	2,52	4,99	2,1	2,55	3,4	1,79
Cd	0,00181	0,00064	0,000948	0,000585	0,000407	0,000615	0,00081
Ce	0,000465	0,000219	0,000464	0,000216	0,000577	0,000329	0,0015
Co	0,000566	0,00168	0,00302	0,00172	0,000774	0,00111	0,000811
Cr	0,000978	0,000229	0,0121	0,00146	0	0,000701	0,000568
Cs	0,000933	0,000443	0,00269	0,000363	0,000133	0,000097	0,000222
Cu	0,0586	0,0306	0,0611	0,0377	0,0391	0,039	0,0371
Dy	0,00002	0,0000257	0,0000312	0,000017	0,00011	0,0000214	0,000252
Er	0,0000075	0,0000211	0,000018	0,000009	0,0000833	0,0000137	0,000132
Eu	0,0000485	0,0000496	0,0000508	0,0000256	0,00014	0,0000364	0,000091
Fe	0,289	0,194	0,406	0,178	0,214	0,268	0,277
Ga	0,00679	0,0125	0,0101	0,00392	0,00555	0,00738	0,00167
Gd	0,000035	0,0000273	0,0000445	0,0000248	0,000135	0,0000287	0,000344
Ho	0,000003	0,00000643	0,0000065	0,00000386	0,0000753	0,00000429	0,000049
K	589	830	900	800	901	887	632
La	0,00026	0,000146	0,000266	0,000143	0,00038	0,000201	0,00197
Lu	0,000001	0,00000557	0,00000425	0,00000229	0,0000763	0,00000314	0,000016
Mg	11,8	13,1	9,96	9,45	9,51	12,9	8,41
Mn	0,0854	0,0831	0,174	0,0782	0,0639	0,0796	0,0917
Na	1,91	2,18	1,4	1,27	2,15	2,51	2,42
Nd	0,000178	0,000114	0,000194	0,0000989	0,00029	0,000142	0,00132
Ni	0,0054	0,00381	0,00524	0,00329	0,00164	0,00232	0,00165
P	15,2	15,6	16,7	15	21,2	26,4	17,8
Pb	0,000948	0,00044	0,000498	0,000443	0,000698	0,000559	0,000456
Pr	0,000055	0,000035	0,0000545	0,0000309	0,000134	0,0000433	0,000372
Rb	0,948	0,659	0,442	0,416	0,139	0,0882	0,166

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

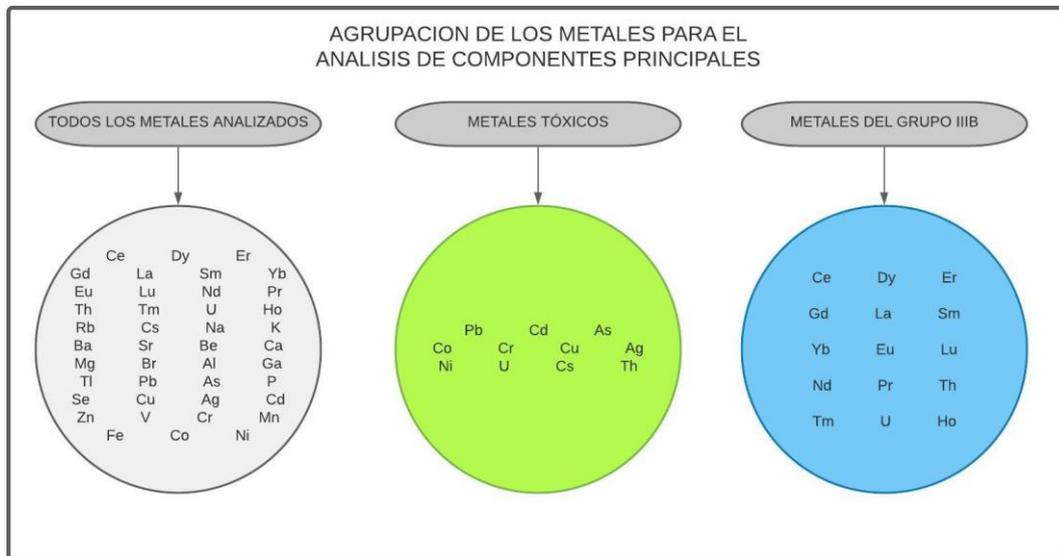


Tabla A 6 (Continuación) Promedio de concentraciones de metales en mg/100g entre grupos formados por clúster

Grupos Elementos	1	2	3	4	5	6	7
S	0,0443	0,0396	0,0329	0,0275	0,0248	0,0431	0,0267
Se	0,00032	0,000458	0,000365	0,00032	0,00025	0,000371	0,000318
Sm	0,000066	0,0000857	0,0000975	0,000044	0,000187	0,0000636	0,000318
Sr	0,0654	0,0401	0,195	0,0299	0,0396	0,0483	0,021
Th	0,000842	0,000439	0,00117	0,000908	0,0139	0,000734	0,00228
Tm	0,0000005	0,00000386	0,000003	0,00000164	0,0000727	0,000002	0,000018
U	0,000034	0,0000636	0,000088	0,0000356	0,000289	0,0000447	0,000137
V	0,000736	0,000936	0,00338	0,00069	0,00175	0,00127	0,00118
Yb	0,0000075	0,0000309	0,000021	0,00000893	0,000092	0,0000159	0,000102
Zn	0,105	0,193	0,188	0,0953	0,0916	0,128	0,0792

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

ACP

Figura A 4 Diagrama: Agrupación de datos para el análisis de componentes principales

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

Las siguientes figuras corresponden a los análisis de componentes principales realizados para mejorar el modelo y la distribución de los datos. Para ello, se procedió a realizar correcciones. Inicialmente se graficó los ACP con los datos originales como se puede ver en las imágenes que tienen por subtítulo ‘Datos Completos’ y después, si se visualizaban lugares de compra alejados de las agrupaciones formadas por el ACP, se procedían a eliminar.

Las figuras A 5, A 6 y A 7 corresponden al modelo con datos originales para todos los metales ‘ACP Metales’, para los metales tóxicos analizados ‘ACP Metales Tóxicos’ y para los metales analizados del grupo IIIB ‘ACP III B’ respectivamente, y las figuras 4.2, 4.3 y 4.4 en la sección 4.4.2 corresponden al modelo al cual se quitó los lugares alejados de las agrupaciones.

**Tabla A 7 Correlación entre todos los metales analizados y los cuatro primeros componentes principales con todos los lugares**

Metales	PC1	PC2	PC3	PC4
Desviación Estándar	3.57	2.75	1.99	1.76
Proporción de la varianza	0.30	0.18	0.09	0.07
Varianza acumulada	0.30	0.48	0.57	0.64
As	0.02	- 0.04	- 0.20	- 0.09
B	- 0.03	- 0.20	0.01	- 0.24
Ba	0.02	- 0.22	0.20	0.12
Cd	- 0.01	- 0.15	- 0.11	- 0.07
Ce	0.24	- 0.04	- 0.11	0.12
Cr	- 0.03	- 0.10	- 0.19	- 0.28
Cu	0.00	- 0.19	- 0.15	- 0.31
Dy	0.26	0.03	- 0.04	0.10
Er	0.27	0.04	0.01	0.05
Fe	0.15	- 0.25	- 0.11	0.02
Gd	0.27	0.01	- 0.07	0.11
La	0.25	- 0.01	- 0.10	0.18
Pb	0.06	- 0.13	- 0.04	- 0.08
Rb	- 0.05	- 0.10	- 0.11	- 0.05
Sm	0.27	- 0.05	- 0.03	0.08
Sr	0.00	- 0.19	0.01	- 0.03
V	0.12	- 0.22	- 0.08	0.01
Yb	0.26	0.03	0.08	- 0.01
Ag	0.08	- 0.10	0.04	- 0.11
Al	0.13	- 0.24	0.01	0.16
Be	0.08	- 0.21	0.24	0.17
Ca	- 0.02	- 0.23	0.08	- 0.08
Co	0.05	- 0.19	- 0.19	- 0.01

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

**Tabla A 7 (Continuación) Correlación entre todos los metales analizados y los cuatro primeros componentes principales con todos los lugares**

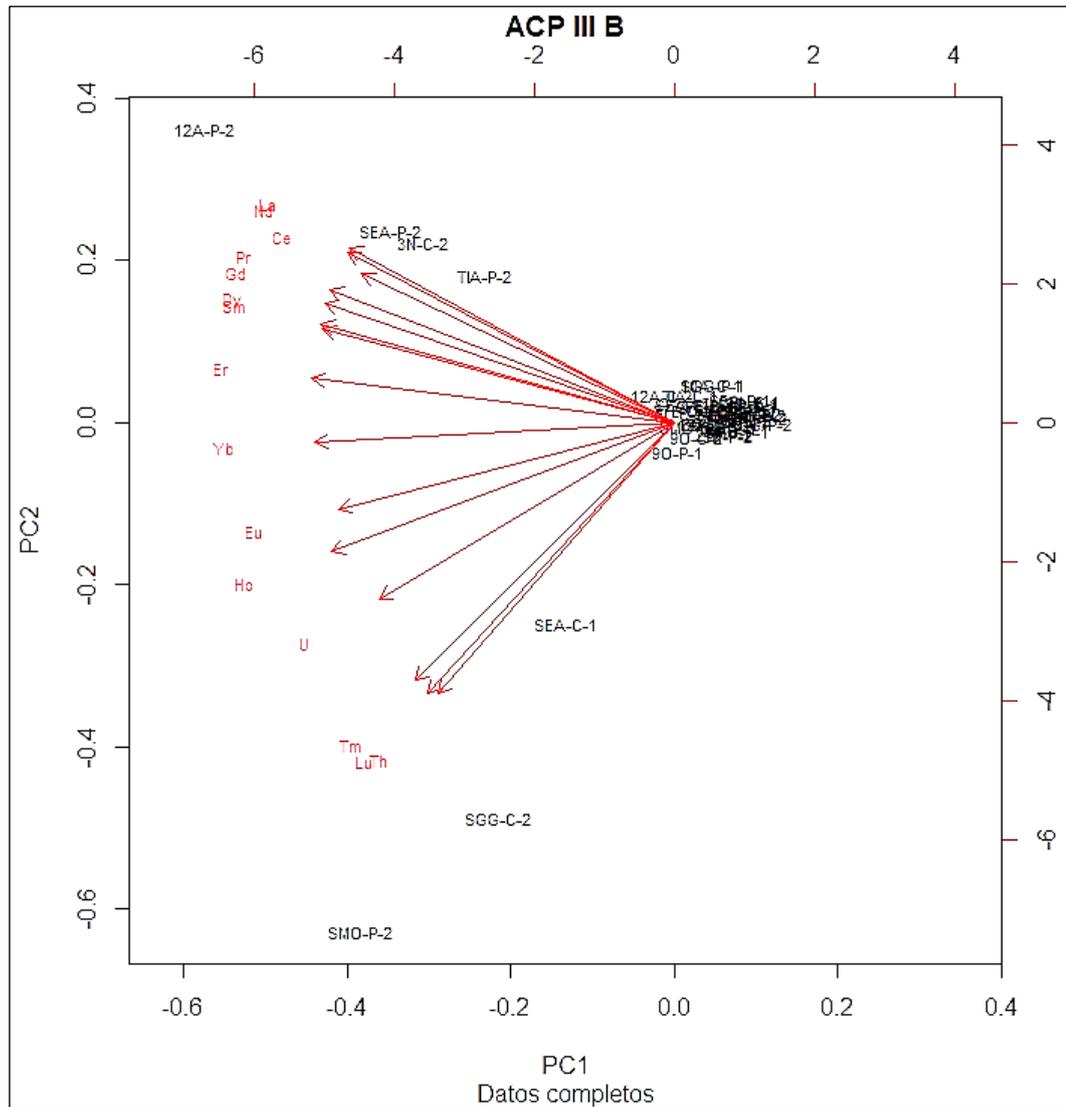
Metales	PC1	PC2	PC3	PC4
Cs	- 0.01	- 0.12	- 0.21	- 0.26
Eu	0.26	- 0.05	0.11	- 0.13
Ga	0.00	- 0.28	0.14	0.07
Lu	0.17	0.11	0.21	- 0.31
Mg	- 0.09	- 0.19	0.23	0.00
Mn	0.11	- 0.24	- 0.20	- 0.04
Nd	0.25	- 0.03	- 0.10	0.17
Ni	- 0.03	- 0.19	- 0.24	- 0.10
P	- 0.02	- 0.10	0.25	- 0.05
Pr	0.26	- 0.01	- 0.07	0.13
S	- 0.12	- 0.20	0.23	0.05
Se	- 0.09	- 0.19	0.12	0.07
Th	0.17	0.10	0.17	- 0.33
Tm	0.18	0.11	0.20	- 0.29
U	0.21	0.04	0.14	-0.24
Zn	- 0.04	- 0.27	0.09	- 0.02
Ho	0.25	0.09	0.11	- 0.15
Na	0.03	- 0.06	0.34	0.17
K	- 0.03	- 0.13	0.20	- 0.14

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

**Tabla A 8 Correlación entre todos los metales tóxicos analizados y los cuatro primeros componentes principales con todos los lugares**

Metales	PC1	PC2	PC3	PC4
Desviación Estándar	1.79	1.43	1.18	1.08
Proporción de la varianza	0.29	0.19	0.13	0.11
Varianza acumulada	0.29	0.48	0.61	0.72
Ag	0.16	0.32	- 0.06	0.48
As	0.15	0.01	0.28	- 0.57
Cd	0.31	0.03	- 0.41	0.33
Cr	0.41	- 0.01	0.42	- 0.03
Cs	0.42	- 0.00(1)	0.43	0.09
Th	- 0.10	0.64	0.07	- 0.10
Pb	0.18	0.14	- 0.51	- 0.54
Co	0.30	0.01	0.05	- 0.06
Ni	0.38	- 0.11	- 0.33	- 0.13
Cu	0.48	0.09	- 0.10	0.07
U	- 0.04	0.66	0.05	- 0.06

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

Figura A 7 Análisis de componentes principales del grupo IIIB de metales completo

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

Se procede a eliminar los lugares que aparecen en los extremos del *Biplot*, los cuales son 12A-P-2, SEA-P-2, 3N-C-2, TIA-P-2, SEA-C-1, SGG-C-2, SMO-P-2. El resultado se puede apreciar en la figura 4.4 de la sección 4.4.2.

**Tabla A 9 Correlación entre todos los metales del grupo IIB analizados y los cuatro primeros componentes principales con todos los lugares**

Metales	PC1	PC2	PC3	PC4
Desviación Estándar	3.37	1.72	0.52	0.40
Proporción de la varianza	0.76	0.20	0.02	0.01
Varianza acumulada	0.76	0.96	0.98	0.99
Ce	- 0.25	0.23	0.45	0.25
Dy	- 0.28	0.16	- 0.26	0.13
Er	- 0.29	0.07	- 0.30	0.08
Gd	- 0.28	0.19	- 0.05	0.04
La	- 0.26	0.28	- 0.07	0.13
Sm	- 0.28	0.15	0.17	- 0.36
Yb	- 0.29	- 0.03	- 0.28	- 0.04
Eu	- 0.27	- 0.14	0.45	- 0.61
Lu	- 0.20	- 0.43	- 0.15	- 0.12
Nd	- 0.26	0.27	0.05	- 0.05
Pr	- 0.28	0.21	- 0.02	0.00
Tm	- 0.21	- 0.41	- 0.20	- 0.10
Ho	- 0.27	- 0.20	- 0.27	- 0.01
Th	- 0.19	- 0.43	0.24	0.19
U	- 0.24	- 0.28	0.35	0.57

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

Tabla A 10 Correlación entre todos los metales analizados y los cuatro primeros componentes principales

Metales	PC1	PC2	PC3	PC4
Desviación Estándar	3.63	2.45	2.00	1.87
Proporción de la varianza	0.32	0.14	0.10	0.08
Varianza acumulada	0.32	0.46	0.56	0.64

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

**Tabla A 10 (Continuación) Correlación entre todos los metales analizados y los cuatro primeros componentes principales**

Metales	PC1	PC2	PC3	PC4
As	- 0.03	- 0.14	- 0.4	0.17
B	0.07	- 0.16	- 0.05	- 0.08
Ba	0.13	0.23	0.21	0.05
Cd	0.03	- 0.17	0.01	- 0.10
Ce	0.20	- 0.19	0.04	- 0.22
Cr	0.00	- 0.14	0.09	0.29
Cu	0.09	- 0.25	0.02	0.09
Dy	0.26	0.02	- 0.11	0.02
Er	0.24	0.14	- 0.09	0.11
Fe	0.16	- 0.20	0.20	- 0.16
Gd	0.25	- 0.08	- 0.11	- 0.08
La	0.21	- 0.17	0.01	- 0.18
Pb	0.07	- 0.05	- 0.10	- 0.07
Rb	- 0.03	- 0.05	0.11	0.17
Sm	0.25	0.06	0.07	0.09
Sr	0.10	- 0.05	0.25	- 0.07
V	0.20	- 0.09	0.12	- 0.07
Yb	0.21	0.19	- 0.02	0.17
Ag	0.05	0.00	- 0.06	0.08
Al	0.13	0.01	0.28	- 0.28
Be	0.13	0.20	0.25	- 0.15
Ca	0.13	- 0.04	0.17	- 0.12
Co	0.10	- 0.13	0.09	0.24
Cs	0.05	- 0.18	0.16	0.26
Eu	0.24	0.10	0.01	0.06
Ga	0.14	0.21	0.26	0.14
Lu	0.20	0.17	- 0.22	0.10

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

**Tabla A 10 (Continuación) Correlación entre todos los metales analizados y los cuatro primeros componentes principales**

Metales	PC1	PC2	PC3	PC4
Mg	- 0.06	0.24	0.05	- 0.07
Mn	0.10	- 0.20	0.16	0.16
Nd	0.23	- 0.14	0.01	- 0.17
Ni	0.07	- 0.24	0.13	0.15
P	0.02	0.12	- 0.12	- 0.26
Pr	0.25	- 0.08	- 0.07	- 0.15
S	- 0.03	0.22	0.12	- 0.17
Se	- 0.05	0.19	0.19	0.19
Th	0.18	0.01	- 0.31	0.06
Tm	0.19	0.17	- 0.24	0.08
U	0.25	0.04	- 0.10	0.12
Zn	0.13	0.13	0.28	0.23
Ho	0.22	0.13	- 0.23	0.07
Na	0.01	0.26	0.16	- 0.20
K	0.01	0.13	0.09	0.08

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

Tabla A 11 Correlación entre todos los metales tóxicos analizados y los cuatro primeros componentes principales

Metales	PC1	PC2	PC3	PC4
Desviación Estándar	1.63	1.42	1.31	1.09
Proporción de la varianza	0.24	0.18	0.16	0.11
Varianza acumulada	0.24	0.42	0.58	0.69
Ag	0.24	- 0.35	0.10	- 0.21
As	0.07	0.10	- 0.58	0.05
Cd	0.33	0.09	0.32	- 0.47
Cr	0.16	0.41	- 0.47	-0.05

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

**Tabla A 11 (Continuación) Correlación entre todos los metales tóxicos analizados y los cuatro primeros componentes principales**

Metales	PC1	PC2	PC3	PC4
Cs	0.15	0.18	0.36	0.31
Th	0.38	- 0.44	- 0.18	0.01
Pb	0.40	0.24	- 0.26	- 0.17
Co	0.24	- 0.09	0.01	0.65
Ni	0.35	0.32	0.18	0.37
Cu	0.43	0.23	0.20	- 0.21
U	0.33	- 0.49	- 0.13	0.08

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)

Tabla A 12 Correlación entre todos los metales del grupo IIIB analizados y los cuatro primeros componentes principales

Metales	PC1	PC2	PC3	PC4
Desviación Estándar	3.21	1.63	0.98	0.78
Proporción de la varianza	0.69	0.18	0.06	0.04
Varianza acumulada	0.69	0.87	0.92	0.96
Ce	- 0.23	- 0.38	0.14	- 0.02
Dy	- 0.30	- 0.01	- 0.01	- 0.22
Er	- 0.28	0.25	0.06	- 0.19
Gd	- 0.28	- 0.23	- 0.06	- 0.14
La	- 0.26	- 0.31	0.04	- 0.16
Sm	- 0.28	0.07	0.27	0.34
Yb	- 0.24	0.37	0.20	- 0.02
Eu	- 0.23	0.02	0.41	0.66
Lu	- 0.23	0.38	- 0.14	0.04
Nd	- 0.27	- 0.28	0.05	- 0.11
Pr	- 0.27	- 0.29	0.06	- 0.10
Tm	- 0.23	0.35	- 0.26	- 0.06

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)



Tabla A 12 (Continuación) Correlación entre todos los metales del grupo IIB analizados y los cuatro primeros componentes principales

Metales	PC1	PC2	PC3	PC4
Ho	- 0.29	0.16	- 0.13	- 0.19
Th	- 0.14	- 0.20	- 0.74	0.50
U	- 0.28	0.08	- 0.17	0.04

Fuente: Alvitres & Alvarez (2021)