



Universidad Nacional

SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



EVALUACION DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud de la **TESIS** cuyo título es:

"DETERMINAR EL NIVEL DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (AS, CR, HG Y PB) EN EL SUELO, AGUA Y EN EL CULTIVO DE PALTO EN LA ZONA DE TICRAPO – HUANCVELICA"

Presentado por:

ANDIA SÁNCHEZ HUMBERTO

De la **MAESTRÍA EN AGRONOMÍA** mención **PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**.

Que, se ha recibido del operador del programa informático evaluador de originalidad de la Escuela de Posgrado de la UNICA, el informe automatizado de originalidad, el mismo que concluye de la siguiente manera:

El documento de investigación APRUEBA los criterios de originalidad con un porcentaje de similitud de 1%.

Para dar fe, se adjunta al presente el reporte de similitud de las bases de datos de iThenticate. En Ica 18 de enero de 2025.

Atentamente

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
ESCUELA DE POSGRADO

Dr. MARIO GUSTAVO REYES MEJÍA
DIRECTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRIA: AGRONOMIA
Mención: PRODUCCION AGRICOLA



TESIS

“Determinar el nivel de concentración de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb) en el suelo, agua y en el cultivo de palto en la zona de Ticrapo – Huancavelica”

Línea de Investigación:

Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles.

PRESENTADA POR:

Bach. HUMBERTO ANDIA SÁNCHEZ

GRADO A OBTENER: MAESTRO

ASESOR:

Dr. LUCIO EFRÉN ASTOCAZA PÉREZ

Ica – Perú

2025

Dedicatoria

A mis queridos padres que en vida fueron, Emerenciana y Florencio por el apoyo en cada etapa de mi vida.

A mi esposa, Isabel por el apoyo incesante y consejos de vida.

A mis hijos. Franklin, Reyner, Silvio, Florencio, y mis hijas Lilia, Gaby y mi Tomasita. Por el apoyo compartido de sus conocimientos.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” por brindarme un excelente aprendizaje y permitirme seguir creciendo profesionalmente.

A mi asesor el Dr. Lucio Efrén Astocaza Pérez por el apoyo y la confianza para realizar la investigación.

A mis estudiantes del programa de estudio de Producción Agropecuaria del I.E.S.T.P - Ticrapo por su apoyo en investigación del proyecto.

ÍNDICE

RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
INTRODUCCIÓN	9
1.1. Situación Problemática.	10
1.2. Formulación del Problema.	12
1.3. Justificación e importancia.....	12
1.4 Delimitación del problema.	15
1.5. Objetivos de la investigación.	16
1.6. Hipótesis de la investigación.....	16
1.7. Variables de la investigación	16
II. METODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.1. Técnicas e Instrumentos de Investigación	19
2.2. Métodos y Procedimientos.....	20
2.3. Tipo, Nivel y Diseño de investigación.....	20
2.4. Población – Muestra.	21
2.5. Metodología de la Investigación.....	21
III. RESULTADOS.....	22
3.1. Presentación e interpretación de los resultados.....	22
IV. DISCUSIÓN	59
4.1. Discusión de resultados.....	59
4.2. Contrastación de Hipótesis	65
V. CONCLUSIONES	68
VI. RECOMENDACIONES.....	69
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
VIII. ANEXOS.....	73
ANEXO 3: Fotos del proceso del ensayo	96

Índice de Tablas	Págs.
Tabla 1: Análisis Físico-Mecánico del Suelo 0.0 – 0.30 cm 2023	23
Tabla 2: Análisis Físico-Mecánico del Suelo 2023 0.30 – 0.60 cm	23
Tabla 3: Análisis Químico de Suelo 0.0 – 0.30 Cm 2023 (T1)	24
Tabla 4: Análisis Químico de Suelo 0.0 – 0.30 cm 2023	25
Tabla: 5: Información meteorológica – mensual junio 2023 a febrero 2024	26
Tabla 6: Fertilización campaña 2023-2024 kg/2500 m2.	29
Tabla 7: Análisis Físico-Mecánico del Suelo 0.00 – 0.30 cm 2023	30
Tabla 8: Análisis Químico de Suelo 0.00 – 0.30 cm 2023	31
Tabla 9: Análisis Químico de Suelo 0.30 – 0.60 cm 2023	32
Tabla 10: Análisis Químico de Suelo 0.30 – 0.60 cm 2023	33
Tabla 11: Consolidado General de Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en el Cultivo de Palto.	40
Tabla 12: Comparativo de niveles de concentración de Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en el suelo y fruto del cultivo de Palto.	53

Índice de Figuras	Págs.
Fig. 1: Vista Satelital del Fundo “Pampachacra”, del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Ticrapo, Ubicación, Distrito Ticrapo, Provincia Castrovirreyna, Departamento Huancavelica	18
Fig. 2: Análisis de metales pesados en el agua de riego del rio Chiris.	27
Fig. 3: Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en el suelo Agrícola (0.0 – 0.30 Cm) en el cultivo de Palto.	34
Fig. 4: Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en el suelo Agrícola (0.30 – 0.60 Cm) en el cultivo de Palto.	35
Fig. 5: Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en el Agua de Riego en el cultivo de Palto	36
Fig. 6: Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en Raíces del cultivo de Palto.	37
Fig. 7: Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en Hojas del cultivo de Palto.	38
Fig. 8: Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en Hojas maduras del cultivo de Palto.	39
Fig. 9: Consolidado General de Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en Cultivo de Palto.	41
Fig. 10: Resultado del Análisis del metal pesado: Plomo Total (Pb) en el suelo, agua, raíz, hojas y fruta del Palto.	43
Fig. 11: Análisis de resultados obtenidos por metal pesado: Cadmio Total (Cd)	46
Fig. 12: Análisis de resultados obtenidos por metal pesado: Cromo Total (Cr).	48
Fig.13: Análisis de resultados obtenidos por metal pesado: Mercurio Total (Hg).	50
Fig.14: Análisis de resultados obtenidos del metal pesado: Arsénico Total (As).	52
Fig. 15: Comparativo de niveles de concentración de Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en el suelo y fruto del Cultivo de Palto.	55

RESUMEN

El ensayo, determinar el nivel de concentración de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb) en el suelo, agua y en el cultivo de palto en la zona de Ticrapo – Huancavelica, se realizó en el 2023 - 2024, en un suelo, de textura franco y franco arcilloso. El Cadmio Total (Cd) en el suelo presenta contaminación a la profundidad de 0.0 – 0.30 cm, el segundo análisis tuvo un valor de 1.43 mg/kg, el nivel 0.30 – 0.60 cm de 2.02 mg/kg, y 1.41 mg/kg, su nivel de concentración supera el límite máximo permisible por la normativa ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, el suelo está contaminado en el nivel de 0.30 a 0.60 cm. El agua de Riego, no presenta contaminación por los metales pesados en estudio, valor menor al límite cuantificable (<LC). Las raíces y las hojas de palto, presenta trazas de Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Mercurio (Hg) y Arsénico (As), niveles por debajo los Límites Máximos Permisibles de las Normas. Los frutos/paltas, en referencia al Plomo Total (Pb) tuvo un valor de 0.388 mg/kg, supera los Límites Máximos Permisibles de la Unión Europea, que es de 0.1 mg/kg, presenta trazas por contaminación Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Mercurio (Hg) y Arsénico (As), por debajo de los Límites Máximos permisibles por la Unión Europea de 0.05 mg/kg, los valores encontrados fueron de 0.009 y 0.008 mg/kg, valores por debajo del límite máximo permitido a los mercados de destino.

Palabras clave: Contaminación, metales pesados, suelo, cultivo, variedad Hass, paltas.

ABSTRACT

The trial, to determine the level of concentration of heavy metals (As, Cd, Hg and Pb) in the soil, water and in the avocado crop in the area of Ticrapo - Huancavelica, was conducted in 2023 - 2024, in a soil, loam and clay loam texture. Total Cadmium (Cd) in the soil presents contamination at the depth of 0.0 - 0.30 cm, the second analysis had a value of 1.43 mg/kg. the level 0.30 - 0.60 cm of 2.02 mg/kg, and 1.41 mg/kg, its concentration level exceeds the maximum permissible limit by the ECA regulations of the Ministry of Environment MINAN 2017, the soil is contaminated at the level of 0.30 to 0.60 cm. Irrigation water, does not present contamination by the heavy metals under study, value lower than the quantifiable limit (<LC). Avocado roots and leaves showed traces of Lead (Pb), Cadmium (Cd), Chromium (Cr), Mercury (Hg) and Arsenic (As), levels below the Maximum Permissible Limits of the Standards. The fruits/pallets, in reference to Total Lead (Pb) had a value of 0.388 mg/kg, exceeding the Maximum Permissible Limits of the European Union, which is 0.1 mg/kg. 1 mg/kg, with trace contamination of Cadmium (Cd), Chromium (Cr), Mercury (Hg) and Arsenic (As), below the European Union Maximum Permissible Limits of 0.05 mg/kg, the values found were 0.009 and 0.008 mg/kg, values below the maximum limit allowed for the destination markets.

Key words: Contamination, heavy metals, soil, crop, Hass variety, avocado.

INTRODUCCIÓN

Actualmente Ica está considerada como una región agroexportadora de cultivos no tradicional y dentro del abanico de hortalizas y frutas, y en los frutales esta la uva de mesa y el palto, el cual ha crecido en áreas de siembra, no solo en la región Ica, sino en la sierra peruana colindante con las fronteras de Huancavelica y Ayacucho, opción repetida por los pequeños agricultores de las zonas de las cabeceras. Es un frutal sembrado por su facilidad de aceptación del fruto y su comercialización en los mercados externos, sobre todo la variedad Hass, por su aprobación como fruta, al tener propiedades nutritivas, destacando que no es necesario su cocción, por su alto contenido de aceites insaturados y proteínas, su consumo en estado fresco permite que conserve intacta su concentración de minerales y vitaminas que contiene la fruta.

Estas condiciones, hace de este frutal una alternativa de ampliación, reconversión y siembras nuevas, sobre todo en las cabezadas de la sierra peruana, atrayendo el interés de agricultores de la zona y empresarios que buscan incrementar sus ingresos debido a que es un frutal de exportación y sobre todo por la cosecha que se adelanta en la sierra, desde el mes de diciembre, obteniendo los mejores precios, o los precios más altos.

En la sierra peruana la palta Hass tiene un potencial formidable para su productividad y comercialización y los mejores precios que los de la costa, porque su cosecha se inicia en diciembre y enero en comparación con la costa que se inicia en marzo a mayo. La poca cantidad de fruta al ser comercializada durante el primer trimestre del año, hace que los precios en chacra sean atractivos al ser requerida por los mercados internacionales. Las regiones que tienen más áreas de cultivo de paltas Hass en zonas de la sierra son Ayacucho, Huancavelica, Cusco, Áncash, Moquegua y Lima.

Huancavelica, conocida por su historia minera, ha experimentado una creciente preocupación por la posible contaminación de sus recursos naturales debido a la actividad minera y los procesos geológicos naturales. Los metales pesados son de particular interés debido a su toxicidad y capacidad para bioacumularse en los ecosistemas, lo que puede tener efectos perjudiciales tanto para la salud humana como para el medio ambiente. [1]. El cultivo de palto, es un recurso agrícola valioso en la región, el cual puede verse particularmente afectado por la presencia de metales pesados. Por lo tanto, es crucial entender la concentración de estos metales en el suelo y el agua, ya que pueden ser absorbidos por las plantas y entrar en la cadena alimentaria.

La recolección de la fruta en la sierra peruana concuerda con los meses de mayor demanda y de escasez de la palta en los mercados internacionales (febrero, marzo y abril), lo cual hace que la comercialización alcance los precios más altos en esos meses.

Ante los avisos e inconvenientes en su exportación, por el hallazgo en los análisis en los países de destino de metales pesados, es importante realizar la investigación en relación de la presencia de los

metales pesados, tal es así que, en marzo del 2021, el Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos (RASFF), anunció que rechazó al menos un contenedor de palta Hass peruana con destino a Holanda, por contener niveles de cadmio más alto de lo permitido. La Internet de alertas de la Comisión Europea (RASFF) envió una alerta fitosanitaria al Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) del Perú, por hallar metales pesados en paltas que tenían como mercado de exportación a los Países Bajos. [2].

Notifiqué a la Unión Europea que, los niveles de cadmio encontrados fueron de 0.054 mg/kg en un lote de palta Hass; estando el nivel permitido en 0.050 mg/kg. ante esta notificación SENASA efectuó la trazabilidad de los envíos, descubriendo que estos embarques procedían de la región Lambayeque, de una zona de producción que estaba acreditada con las buenas prácticas agrícolas y estaba certificado fitosanitariamente. [3].

El ensayo, busca determinar si hay contaminación por metales pesados y si los niveles de concentración, específicamente del Arsénico (As), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg) y Plomo (Pb), Cromo (Cr), en los tres componentes fundamentales del ecosistema de la zona de Ticrapo, Huancavelica: el suelo, el agua y el cultivo de palto, si no superan los límites máximos permisibles de las normas, nacional e internacional. A través de este ensayo se planteó proporcionar una evaluación detallada de la contaminación por metales pesados en la zona de Ticrapo, con el objetivo de informar las estrategias de manejo y mitigación adecuadas para proteger la salud humana y el medio ambiente.

Esta investigación contribuirá a la comprensión científica de la distribución y concentración de metales pesados en la región y proporcionará una base para futuras investigaciones y políticas de gestión ambiental. Ante este contexto, el presente proyecto de investigación pretende determinar si el suelo, agua y el cultivo de palto en Ticrapo-Huancavelica, están contaminados, por los metales pesados en estudio como el Arsénico, Cadmio, Mercurio, Cromo y Plomo, y cuál está en mayor contaminación, para promover tomar las medidas correctivas ante los niveles altos de estos elementos ecotóxicos, lo que podría afectar la exportación de la fruta, generando una problemática social y económica ante la no exportación de esta fruta por estar contaminada.

1.1. Situación Problemática.

En Huancavelica, la historia nos dice que en los años 1564 y 1975, la misma Huancavelica y las áreas vecinas estaban contaminadas por vapor de mercurio, originada desde el período colonial durante el proceso de refinación de la plata, pero no se tiene conocimiento de las áreas de cultivo si están afectadas por mercurio u otros metales pesados, se empezó el estudio en otras regiones por su presencia en el cultivo de cacao, café y últimamente en la palta, siendo un problema que aumenta por la actividad antrópica, entre ellos la minería y esta contaminación

por metales pesados afecta a la ciudad de Huancavelica y sus entornos, por la concentración elevada de estos en suelos. Se señala que los metales más contaminantes e importantes por su abundancia y toxicidad, son el mercurio, plomo, arsénico y cadmio. [4].

Esta realidad es un problema de años y perjudicaría a cerca de 19,000 personas de la región Huancavelica, de los distritos de Ascensión y Huancavelica, situación difícil que la población de dichas localidades debe afrontar por haber levantado sus viviendas de adobe en los suelos contaminados por las actividades mineras del pasado, situación que no es atendida por gobierno del Perú, estando los suelos contaminados por mercurio y otros metales pesados. [5].

Se conoce los resultados de las investigaciones realizadas sobre la contaminación de la ciudad de Huancavelica y a la comunidad Sacsamarca como sitios contaminados por polimetales, elaborar una estrategia de remediación y ejecutar tareas de descontaminación. L ciudad de Huancavelica y a la comunidad Sacsamarca como sitios contaminados por polimetales, elaborar una estrategia de remediación y ejecutar tareas de descontaminación. [6].

Caretas [7]. Señala que, la Corte Superior de Justicia de Huancavelica, a través de su Sala Civil, ha validado la existencia de un problema ambiental y de salud pública en la ciudad de Huancavelica, específicamente en la comunidad rural de Sacsamarca, debido a la contaminación por metales pesados. Esta confirmación se dio a través de un fallo judicial emitido el 14 de diciembre de 2023.

El dictamen judicial establece que el mercurio, el arsénico y el plomo están presentes en el suelo, el agua y hasta en las viviendas y escuelas. La sentencia también señala que la exposición constante a estos metales pesados tiene un impacto severo en la salud y la vida de las personas, en particular en los niños y adolescentes. Por lo tanto, se hace un llamado a la acción inmediata a nivel local, regional y nacional para abordar esta situación.

Los estudios realizados demuestran contaminación, por metales en Huancavelica, pese a ello hay una falta de atención integral a la problemática de contaminación desde hace más de 8 años, más aún que se están ampliando las tierras con cultivos de agroexportación como el palto, sin tener un estudio previo del suelo y del agua que riegan este cultivo. Por ello la importancia de comprobar los niveles de contaminación de estos elementos tóxicos en el cultivo de palto y comprobar si hay contaminación y estos no exceden los límites máximos permisibles según la ECA del Ministerio del Ambiente de Perú y las Normas Internacionales como el Codex Alimentarius en la zona de Ticrapo – Huancavelica, que es la zona en donde se ha realizado la investigación.

1.2. Formulación del Problema.

1.2.1. Problema General.

P.G.0. ¿Determinar la concentración de arsénico, mercurio, cadmio y plomo en el suelo, agua de riego y órganos del cultivo de palto y si los niveles no supera los límites máximos permisibles permitidos por los estándares de calidad, en la zona de Ticrapo Huancavelica?

1.2.2. Problemas Específicos.

P.E.1. ¿Cuál será el nivel de contaminación por cadmio, arsénico, mercurio, cadmio y plomo en el suelo, agua de riego en el cultivo de palto y si este no alcanza los niveles de contaminación, en la zona de Ticrapo - Huancavelica?

P.E.2. ¿Cuál será el nivel de contaminación por cadmio, arsénico, mercurio, cadmio y plomo en los órganos del cultivo de palto, hojas, tallos, raíces y frutos y si estos no alcanzan los niveles de contaminación, en la zona de Ticrapo - Huancavelica?

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación

El proyecto tiene como finalidad determinar los niveles de los metales pesados en estudio en el suelo a dos niveles de 0.00 a 0.30 cm y de 0.30 a 0.60 cm, en el agua de riego y los órganos del cultivo de palto, como las hojas, raíces y frutos, esto debido a la importancia de la palta como fruta, ya que es un alimento importante en la alimentación de las poblaciones, por lo que es ineludible saber la calidad de la fruta que llega a los mercados internacionales, nacional y local, sobre todo en una región donde es nuevo este frutal y no hay conocimiento de su manejo agronómico y sobre todo no hay información sobre la magnitud real de los metales pesados en el suelo, agua y fruta.

La contaminación del suelo por metales pesados es reconocida como una problemática mundial en la agricultura, esto debido a las acciones humanas como la industrialización, urbanización, actividades agrícolas, tecnología y minería. En la región Huancavelica que, ha crecido en área con este frutal, no hay mucha información concerniente a la calidad comercial y cantidad de estos elementos tóxicos en los suelos y las frutas que se exportan.

Conocer esta información es beneficiosa para los productores, para las autoridades sanitarias, para el mercado y en especial para los consumidores a fin de sensibilizar la importancia que tiene esta fruta y sobre todo el compromiso de ofertar frutas de buena calidad.

Los metales pesados son cancerígenos, compromete la calidad de la fruta ya que al estar contaminada representa un peligro para la salud humana, ya que, por ejemplo, el cadmio y el plomo, son tóxicos generando efectos dañinos al cuerpo humano, las plantas, animales y al medio ambiente. [8]

Ciertos suelos son ricos en algunos metales pesados, por ser una característica propia de ellos, también son afectados por la contaminación atmosférica, residuos de pesticidas y fertilizantes [9].

Los metales pesados como el Hg, Pb, Cd, Cu, Cr, Ni, V y As, pueden provenir de varias fuentes, como el agua de riego contaminada por las actividades industriales, química, la minería, el encurtido de pieles, las pinturas, entre otras, lo mencionado hace que estos elementos contaminen las hortalizas y las frutas. [10]

El ensayo nos permitirá realizar las investigaciones sobre los niveles de contaminación del suelo, agua de riego y órganos del frutal, contar con información científica de campo como la data de laboratorio e incentivar a los investigadores y a las empresas a mostrar interés por la contaminación por metales pesados

Con el ensayo se determinará la concentración de metales pesados, según las normas nacional e internacional, con la finalidad de reducir las aplicaciones de fertilizantes fosfatados, indicados como uno de los contaminantes del suelo, insumos químicos usados para el control de plagas y enfermedades, entre otros; para contribuir con la salud de los productores, ser más amistoso con el medio ambiente y cuidar la salud del consumidor final.

El ensayo plantea conocer los niveles de contaminación de arsénico, mercurio, cadmio y plomo, para determinar las medidas correctivas a largo plazo y sea esta investigación un soporte principal para una agricultura sostenible que garantice una alternativa viable de una alimentación sana sin contaminantes mejorando la alimentación de los pobladores locales, de Huancavelica, nacional e internacional, preservar el agroecosistema y la economía familiar y local, repercutiendo en ingresos al fisco.

1.3.2. Importancia.

La palta es una fruta que el ser humano consume principalmente fresca en los mercados internacionales, nacionales y locales. Estos elementos ecotóxicos presentes en la fruta, pueden producir problemas en la salud del consumidor; principalmente, el cadmio que es un elemento común en nuestro entorno, al que toda la población está expuesta en mayor o menor medida, especialmente en las zonas urbanas.

Determinar el nivel de concentración de los metales pesados en estudio en el suelo, agua

y cultivos es crucial para evaluar el impacto ambiental de las actividades humanas, en especial la minería que se ha dado con intensidad en esta región, la industria y la agricultura intensiva. Los metales pesados pueden ser contaminantes peligrosos que afectan tanto a los ecosistemas naturales como a la salud humana. [11].

El cultivo de palta es una actividad económica importante en muchas regiones, y conocer el nivel de contaminación por metales pesados en estos cultivos es esencial para garantizar la seguridad alimentaria de la población. La ingestión de alimentos contaminados con metales pesados puede tener graves consecuencias para la salud de los consumidores, sobre todo de los internacionales.

La exposición a metales pesados puede causar una variedad de problemas de salud, incluidos problemas neurológicos, daño renal, trastornos del desarrollo y cáncer. [8] Determinar los niveles de contaminación en el suelo, agua y cultivos permite evaluar los riesgos para la salud pública y tomar medidas para mitigarlos.

Los resultados de esta investigación pueden proporcionar información valiosa para el desarrollo de políticas y medidas de gestión ambiental destinadas a reducir la contaminación por metales pesados. Esto puede incluir regulaciones más estrictas para las industrias contaminantes, prácticas agrícolas más sostenibles y medidas de remediación ambiental en áreas afectadas.

La divulgación de los resultados de esta investigación puede aumentar la conciencia pública sobre los problemas de contaminación ambiental y los riesgos para la salud asociados con la exposición a metales pesados. Esto puede generar presión para acciones más efectivas por parte de las autoridades y las empresas responsables.

El aumento de las concentraciones de estos elementos tóxicos en los alimentos depende del tipo, la cantidad y la forma química del metal. Este contexto, obliga a que los productores sean más competitivos, haciendo uso de tecnologías validadas, de las buenas prácticas agrícolas, optimicen sus costos de producción, participen en nuevos mercados, se consoliden como exportadores y sean sostenibles en el tiempo.

Este ensayo es importante porque aborda una preocupación ambiental y de salud pública relevante, proporcionando información crucial para la toma de decisiones en áreas como la gestión ambiental, la seguridad alimentaria y la salud pública. Los resultados de esta investigación tienen el potencial de tener un impacto positivo en la calidad de vida de las comunidades locales, nacional e internacional y en la conservación del medio ambiente.

1.4 Delimitación del problema.

a) Delimitación geográfica.

El ensayo se realizó en el Fundo “Pampachacra”, del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Ticrapo, de 2500 m² sembradas con el cultivo de Palto. Ubicación, Distrito Ticrapo, Provincia Castrovirreyna, Departamento Huancavelica.

b) Delimitación temporal.

La investigación se inició en el mes de junio de 2023 a febrero del 2024, por un periodo de 8 meses.

c) Delimitación social.

En la región Huancavelica, los productores agrícolas se han dedicado a la siembra del cultivo de palto debido a los altos rendimientos económicos que han obtenido en los últimos años, porque la cosecha sale antes que la de la costa, obteniendo buenos precios. Sin embargo, las normativas nacionales e internacionales, han reducido los límites máximo permisibles de metales pesados, en especial el cadmio y el plomo, esta reducción afecta el ingreso a los mercados europeos y americano, por lo que se tienen que adoptar medidas de mitigación de residuos de los metales pesados.

Esta investigación será de gran utilidad para los agricultores, ya que les permitirá determinar si sus suelos están contaminados y cuál es el nivel máximo permisible de contaminación. Con esta información, podrán implementar estrategias a largo plazo para disminuir la contaminación y mantener la exportación de sus paltas.

d) Delimitación conceptual.

El contexto actual es la contaminación del suelo y de los cultivos por los metales pesados, en especial el cadmio, afectando en especial a los alimenticios que se comercializan en el mercado nacional e internacional, como es el caso del consumo de la palta, la cual se consumen mayormente en estado fresco en forma directa, lo que afectaría la salud de los consumidores y a la calidad de los mismos.

El palto, es un frutal y su producto la palta es muy apreciada para el consumo en fresco, destaca por sus beneficios nutricionales en la alimentación de las personas. Además, tiene un valor económico significativo en la agroindustria, ya que se utiliza procesado en diversas formas. Es conocido por su abundancia en lípidos, en particular el ácido oleico que constituye más del 50% de los lípidos totales. Además, es una fuente rica de fitoquímicos como la vitamina E, carotenoides, polifenoles y luteína, todos ellos compuestos que tienen una potente actividad antioxidante. [12].

Por lo tanto, las exportaciones de palta estarían comprometidas, si se detecta un alto

nivel de los metales pesados en especial del cadmio a nivel de la pulpa, la cual es transmitida del suelo, a las hojas y al fruto, hay una creciente preocupación por la contaminación de los suelos y de los alimentos, ya que muchos superan los límites máximo permisible establecido por la norma local e internacional.

1.5. Objetivos de la investigación.

1.5.1. Objetivo General.

O.G.0. Determinar la concentración de metales pesados en el cultivo de Palto, (*Persea americana* Miller), variedad Hass, en la zona de Ticrapo – Huancavelica.

1.5.2 Objetivos Específicos.

- **O.E.1.** Analizar la concentración de metales pesados en el suelo, agua, hojas, raíces y fruta en el cultivo de palto, variedad Hass..
- **O.E.2.** Comprobar si la concentración de metales pesados en el suelo, agua, hojas, raíces y frutos se encuentran dentro del Límite Máximo Permisible según el Ministerio del Ambiente y el Codex Alimentarius, en la zona de Ticrapo – Huancavelica.

1.6. Hipótesis de la investigación.

1.6.1. Hipótesis General.

H.G.0. Las plantaciones de Palto (*Persea americana* Miller), variedad Hass, podrían estar contaminadas por metales pesados como, As, Cd, Hg y Pb, en la zona de Ticrapo – Huancavelica.

1.6.2. Hipótesis Específicas.

- **H.E.1.** El suelo y el agua de riego donde están instaladas las plantas de palto, en La zona de Ticrapo – Huancavelica pueden alcanzar los niveles de contaminación por metales pesados que exceden los Límites Máximos Permisibles según el Codex Alimentarius la Norma Peruana.
- **H.E.2.** Los órganos del cultivo de palto, como las hojas, raíces y frutos pueden alcanzar los niveles de contaminación por metales pesados que exceden los Límites Máximos Permisibles según el Codex Alimentarius y la Norma Peruana.

1.7. Variables de la investigación

a. Variable independiente (causa)

Plantaciones de Palto, podrían estar contaminadas por la absorción de metales pesados (X1).

b. Variable dependiente (efecto)

Análisis de la concentración de metales pesados (y1).

c. Variable Intervinientes

- Nivel de concentración (ppm): de cadmio, mercurio, cromo, plomo y arsénico.
- Análisis de suelo, agua, hojas, raíces y frutos del cultivo de Palto.

Suelo: El tipo de suelo puede afectar la disponibilidad de nutrientes, la retención de agua y otras propiedades, así como su contaminación por metales pesados, que a su vez afectan el crecimiento de los cultivos.

Agua: Los metales pesados en el agua pueden tener un impacto significativo en varios aspectos, como la salud humana, la vida acuática y la agricultura. La presencia de metales pesados en el agua de riego podría influir en los resultados. Esto se debe a que estos metales pueden ser tóxicos para las plantas y afectar su crecimiento.

Plagas y enfermedades: Su presencia podría influir en los resultados. Esto se debe a que las plagas y enfermedades pueden afectar la salud de las plantas y, por lo tanto, su crecimiento.

Clima: Las condiciones climáticas podrían influir en los resultados. Esto se debe a que factores como la temperatura, la precipitación, la humedad, la insolación y el viento pueden afectar la salud y el crecimiento de las plantas.

1.7.1 Operacionalización de las Variables.

Paso crucial en la investigación que permite convertir conceptos abstractos en indicadores empíricos medibles.

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES
Variable Independiente		
Plantaciones de palto, estarían contaminadas por la absorción de metales pesados	Exportación de la fruta (palta, variedad Hass)	Nivel de concentración (ppm - mg/kg): de mercurio, plomo, cromo, arsénico y cadmio.
Variable Dependiente		
Análisis de la concentración de metales pesados	Niveles de metales pesados como cadmio, plomo, cromo, mercurio y arsénico en los Límite Máximo Permisible según el Ministerio del Ambiente y el Codex Alimentarius.	Concentración de metales pesados en el cultivo de Palto.

Ubicación del Ensayo

Fundo “Pampachacra”, del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Ticrapo



Tomado de: Google Earth Pro

Coordenadas.

13°22'57.91" S

13°22.9385' S

75°25'51.22" O

75°25.949' O

Elevación: 2,238 m

Fig. 1: Vista Satelital del Fundo “Pampachacra”, del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Ticrapo, Ubicación, Distrito Ticrapo, Provincia Castrovirreyna, Departamento Huancavelica.

II. METODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Técnicas e Instrumentos de Investigación

2.2.1. Técnicas de recolección de datos.

Las técnicas de recolección de datos más adecuadas son cruciales para preservar la integridad de la investigación. Es menos probable que se produzcan errores cuando se utilizan las técnicas de recolección de datos adecuadas. La elección de las técnicas de recolección de datos específicas dependerá de diversos factores, como el tamaño y la complejidad del área de estudio, los recursos disponibles y los objetivos de la investigación, en este ensayo se tomó como las técnicas más adecuadas, los análisis de suelo, agua y cultivo sobre los metales pesados en estudio, así como los resultados del laboratorio y las condiciones climáticas.

Es importante destacar que la recolección de datos es solo una parte de la investigación. Los datos recopilados deben ser analizados e interpretados adecuadamente para obtener conclusiones válidas sobre la concentración de metales pesados en la zona de Ticrapo – Huancavelica.

2.2.2. Instrumentos de recolección de datos.

Los instrumentos de recolección de datos son herramientas que nos permiten recopilar información para la investigación. En el ensayo se utilizó como instrumento la libreta de apuntes y la observación, anotándose todos los datos conseguidos y observados durante la duración del periodo vegetativo del cultivo.

En la metodología se consideró los datos de análisis físico-químicos de suelo agrícola, metales pesados en el suelo, las hojas, tallos, raíces y frutas que constituyen la información primaria. La información principal son los resultados del laboratorio, el cual utiliza el Espectrofotómetro de absorción atómica (EAA), instrumento principal para el análisis de metales pesados en las muestras de suelo, agua y material vegetal. Se utilizó para analizar los datos de concentración de metales pesados y para generar gráficos y tablas.

2.2.3. Técnicas de análisis e interpretación de resultados.

Los resultados de la concentración de metales pesados deben compararse con los estándares de calidad establecidos por organismos nacionales o internacionales como el ECA del Ministerio del Ambiente del Perú. El Codex Alimentarius y la OMS.

Se evaluó, según los resultados el riesgo potencial para la salud humana y el medio ambiente la concentración de los metales pesados presentes en el suelo, agua y cultivo de palto.

Se identifico las posibles fuentes de contaminación por metales pesados en la zona de estudio. También es importante, según los resultados, proponer medidas de remediación para reducir la contaminación por metales pesados y proteger la salud humana y el medio ambiente.

Representación Gráfica de Datos: Se utilizo Gráficos de barras, para comparar la concentración de metales pesados en los diferentes grupos de las muestras tomadas.

La metodología de análisis fue de acuerdo a los parámetros a analizar y según las normas internacionales para la contaminación por metales pesados del suelo y frutas del Codex Alimentarius y según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para suelo, agua y vegetales del Ministerio del Ambiente Perú.

Los datos obtenidos se ordenaron en tablas y figuras para efectuar su interpretación en función de los niveles máximo permisibles de metales pesados para frutas y de la literatura consultada en función de la contaminación que se producen por la absorción de metales pesados por el cultivo de Palto y en la fruta.

2.2. Métodos y Procedimientos

2.2.1. Diseño Experimental

Es importante destacar que el diseño experimental fue cuidadosamente planificado y ejecutado para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados de la investigación. Los resultados de esta investigación pueden ser utilizados para informar a las políticas públicas, desarrollar estrategias de prevención y remediación de la contaminación por metales pesados, y promover prácticas agrícolas sostenibles en la zona de Ticrapo – Huancavelica.

2.3. Tipo, Nivel y Diseño de investigación.

2.3.1. Tipo de investigación

Tipo explicativa. Esta investigación busca comprender las relaciones de causa y efecto entre las variables. La investigación determina cómo las variables independientes (ubicación, profundidad del suelo, variedad de palto, agua de riego, manejo agronómico, etc. afectan la concentración de metales pesados en el suelo, agua y cultivo de palto.

2.3.2. Nivel de investigación

El tipo de investigación es explicativa.

Este tipo de investigación busca comprender las relaciones de causa y efecto entre las variables. En este caso, la investigación propone determinar cómo las variables independientes afectan la concentración de metales pesados en el suelo, agua y cultivo de palto.

2.3.3. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es no experimental, longitudinal de tendencia, ya que en la investigación no se manipulo las variables, sino que se observó y medio las variables tal como ocurren en su entorno natural.

2.4. Población – Muestra.

2.4.1. Población

Está determinada por el área sembrada del cultivo de Palto, variedad Hass, de 4 años de edad, cultivadas para su exportación con un distanciamiento de 4 x 4 con 156 plantas por los 2,500 m² y ubicadas en la zona de Ticrapo- Huancavelica.

2.4.2. Muestra

La unidad muestral corresponde al cultivo de Palto, variedad Hass; es decir las 20 plantas marcadas en las 156 plantas/2,500 m². Para las evaluaciones a efectuarse durante el trabajo de investigación se obtendrán las muestras señaladas, de suelo, hojas, tallos, raíces y frutos.

2.5. Metodología de la Investigación

La Metodología de la Investigación se refiere a cómo se diseñó el ensayo para garantizar resultados válidos y fiables que respondan a las metas y objetivos de la investigación La metodología de aplicación de los tratamientos en estudio fue la siguiente:

El Cultivo de Palto, Variedad Hass de 04 años de edad, con una densidad de 156 plantas por 2,500 m², se evaluó en el estado fenológico de cuajado y desarrollo y maduración del fruto. El problema de investigación fue determinar la concentración de metales pesados (As, Cr, Cd, Hg y Pb) en el suelo, agua y en el cultivo de palto en la zona de Ticrapo – Huancavelica.

Se Reviso las investigaciones previas sobre la concentración de metales pesados en suelos, agua y cultivos, y cómo estos pueden afectar la salud humana y el medio ambiente.

Se decidió la recopilar los datos, como las muestras de suelo, agua y cultivo de palto en varios puntos dentro de la zona de estudio. Se analizo e interpreto los Resultados, en base a los análisis de los datos, que responden a la pregunta de investigación.

Se comunica y se presenta los resultados de la investigación de una manera que sea comprensible para otros, investigadores, implicando la redacción de un informe o artículo de investigación.

III. RESULTADOS

3.1. Presentación e interpretación de los resultados

3.1.1. Análisis de suelo

Para estudiar las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo, se recolectaron muestras de suelo en forma de pala (de 0.0 a 0.30 cm y 0.30 a 0.60 cm) en el sitio experimental, comenzando por mezclar submuestras para homogeneizar mejor. La muestra se fraccionó cuidadosamente para obtener aproximadamente 1 kg de muestra.

La muestra fraccionada fue enviada al Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Plantas del Instituto Rural Valle Grande de Cañete para su correspondiente análisis. Los resultados se presentan en las tablas correspondientes.

a) Análisis de Suelo de 0.0 – 0.30 Cm

Tabla 1

Análisis Físico-Mecánico del Suelo 0.0 – 0.30 cm 2023

Componentes	Nivel (0.0-0.30 m)	Método usado
Arena (%)	44.55	Bouyoucos
Limo (%)	29.96	Bouyoucos
Arcilla (%)	25.49	Bouyoucos
Clase textural	Franco	Triángulo Textural

Tabla 2

Análisis Físico-Mecánico del Suelo 2023 0.30 – 0.60 cm

Componentes	Nivel (0.30-0.60 m)	Método usado)
Arena (%)	38.51	Bouyoucos
Limo (%)	28.02	Bouyoucos
Arcilla (%)	33.47	Bouyoucos
Clase textural	Franco – Arcilloso	Triángulo Textural

Según el análisis físico mecánico realizados al inicio del desarrollo del ensayo, en las tablas 1 y 2, se demuestra que el terreno de cultivo donde está instalado el Palto es de una textura Franco y Franco - Arcilloso. Estos suelos tienen una buena capacidad para retener agua, beneficioso para el palto, ya que requiere de un suministro constante de humedad. También tiene una buena capacidad para retener nutrientes, lo cual es esencial para el crecimiento y

desarrollo del palto. Suelen tener una buena aireación, importante para el desarrollo de las raíces del palto.

Tabla 3
Análisis Químico de Suelo 0.0 – 0.30 Cm 2023 (T1)

PARAMETROS	RESULTADO	METODO USADO	INTERPRETACION
Carbonato de Calcio Total %	1.05	Gravimétrico	Muy Bajo
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C	1.35	Electrométrico	No Salino
pH (1/1) a Temp = 21 °C	7.82	Electrométrico	Medianamente Básico
Fosforo Disponible ppm	6.04	Olsen	Bajo
Materia Orgánica %	2.34	Walkley y Black	Normal
Nitrógeno Total %	0.14	Kjeldahl	Normal
Potasio Disponible ppm	254.40	Acetato de Amonio	Adecuado
Cationes Cambiables		Extractante: Ac. Amonio	
Calcio mEq / 100 g	13.92	FAAS	Normal
Magnesio mEq / 100 g	3.72	FAAS	Alto
Sodio mEq / 100 g	0.32	FAAS	Bajo
Potasio mEq / 100 g	0.65	FAAS	Normal
C.I.C.E mEq / 100 g	18.61	Cálculo Matemático	Medio
P.S.I %	1.73	Cálculo Matemático	No Salino
Micronutrientes Disponibles			
Cobre ppm	2.37	FAAS	Adecuado
Zinc ppm	0.81	FAAS	Bajo
Manganeso ppm	31.54	FAAS	Exceso
Hierro ppm	26.87	FAAS	Exceso
Boro ppm	1.56	Extractante: CaCl ₂ H ₂ O Colorímetro	Adecuado

Tabla 4
Análisis Químico de Suelo 0.0 – 0.30 cm 2023

PARAMETROS	RESULTADO	METODO USADO	INTERPRETACION
Carbonato de Calcio Total %	20.83	Gravimétrico	Normal
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C	1.25	Electrométrico	No Salino
pH (1/1) a Temp = 21 °C	8.08	Electrométrico	Moderadamente Básico
Fosforo Disponible ppm	3.44	Olsen	Bajo
Materia Orgánica %	0.69	Walkley y Black	Muy Bajo
Nitrógeno Total %	0.04	Kjeldahl	Muy Bajo
Potasio Disponible ppm	108.20	Acetato de Amonio	Bajo
Cationes Cambiables		Extractante:Ac. Amonio	
Calcio mEq / 100 g	15.37	FAAS	Alto
Magnesio mEq / 100 g	2.46	FAAS	Normal
Sodio mEq / 100 g	0.35	FAAS	Bajo
Potasio mEq / 100 g	0.28	FAAS	Muy Bajo
C.I.C.E mEq / 100 g	18.46	Cálculo Matemático	Medio
P.S.I %	1.90	Cálculo Matemático	No Salino
Micronutrientes Disponibles			
Cobre ppm	1.27	FAAS	Adecuado
Zinc ppm	0.39	FAAS	Bajo
Manganeso ppm	13.56	FAAS	Muy Alto
Hierro ppm	12.25	FAAS	Exceso
Boro ppm	1.32	Extractante: CaCl ₂ ·2H ₂ O Colorímetro	Adecuado

Fuente: Laboratorio del Instituto Rural Valle Grande

3.1.2 Datos meteorológicos:

Los datos meteorológicos conseguidos pertenecen a la Estación CO HUANCANO –del SENAMHI – Ica, datos sobre las condiciones climáticas e la que se desarrolló el ensayo.

Datos Meteorológicos:

Estación: CO HUANCANO

Latitud: 13°36'04.3"S

Longitud: 75°37'15.8"W

Altitud: 1019 msnm

Dpto.: Ica

Prov.: Pisco

Dist. : Huancano

Tabla 5

Información meteorológica – mensual junio 2023 a febrero 2024

Meses	Temperatura °C			Horas de sol	Velocidad del viento (m/s)	Humedad relativa %
	Máxima	Media	Mínima			
Junio	25.0	18.0	13.0	250.0	2.5	74.0
Julio	25.0	18.0	12.0	268.0	2.6	73.0
Agosto	26.0	19.0	13.0	284.0	2.8	69.0
Setiembre	27.0	20.0	14.0	261.0	2.7	71.0
Octubre	29.0	22.0	16.0	231.0	2.4	68.0
Noviembre	28.0	22.0	16.0	216.0	2.4	69.0
Diciembre	28.0	23.0	17.0	164.0	2.1	72.0
Enero	30.5	23.6	16.6	217.0	2.0	67.0
Febrero	31.8	25.5	17.2	227.0	2.1	67.4

FUENTE: SENAMHI. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

N: Norte

S: Sur

NE: Norte Este

SE: Sur Este

NW: Norte Oeste

SW: Sur Oeste

Las condiciones meteorológicas que acompañaron el crecimiento y desarrollo del cultivo, refieren temperaturas medias entre los 18.0°C hasta los 25.5°C. El cultivo de palto es sensible a las condiciones climáticas y los factores meteorológicos como la temperatura, las horas de

sol, la velocidad del viento y la humedad relativa pueden tener un impacto significativo en su crecimiento y producción. Los árboles de palto prefieren un clima cálido y pueden tolerar temperaturas que oscilan entre 12°C y 30°C. Las temperaturas extremadamente altas o bajas pueden dañar el árbol y afectar la producción de frutas. En la tabla, las temperaturas están dentro del rango óptimo para el crecimiento del palto. Con referencia a las horas de sol, necesitan al menos seis horas de sol directo al día para un crecimiento saludable. Las horas de sol parecen ser adecuadas para el crecimiento del palto. Los vientos fuertes pueden dañar los árboles de palto y afectar su crecimiento, se presentaron vientos moderados, y prefieren una humedad relativa del 60-80%. Una humedad relativa demasiado alta o baja puede afectar el crecimiento del árbol y la producción de frutas, estando dentro del rango óptimo para el crecimiento del palto. Las condiciones climáticas en la zona de Ticrapo-Huancavelica fueron favorables para el cultivo de palto.

3.1.3. Análisis del agua de riego de los metales pesados en estudio.

El análisis de metales pesados en el agua de riego es una herramienta importante para garantizar la calidad del agua y la seguridad alimentaria. El agua de riego es de suma importancia para el palto, el riego que se utiliza es el riego por gravedad, utilizando el agua de río Chiris, el cual presenta una pendiente de 4.17% y se observa el encañonamiento de éste en todo su recorrido, con grandes cadenas montañosas alrededor; esto también es característico de las quebradas, ríos o riachuelos que escurren al río Chiris.

SOLICITANTE :	HUMBERTO ANDIA SANCHEZ	CÓDIGO DE MUESTRA :	945-01A -2023
PREDIO :	FUNDO PAMPACHACRA - TICRAPO	MUESTREADO POR :	CLIENTE
FECHA DE INICIO :	03/10/2023	TIPO DE MUESTRA :	LIQUIDA
FECHA FINAL :	19/10/2023	FECHA DE INGRESO :	30/09/2023
MATRIZ :	AGUA DE RIEGO	FECHA DE EMISIÓN :	23/10/2023

INFORME DE ANÁLISIS - METALES PESADOS					
MUESTRA : MUESTRA N. 01 - AGUA DE RIO - 02-10-23					
PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA	
Plomo Total (Pb)	< Lc	mg / L	MFES - 070	FAAS	
Cadmio Total (Cd)	< Lc	mg / L	MFES - 071	FAAS	
Cromo Total (Cr)	< Lc	mg / L	MFES - 072	FAAS	
Mercurio Total (Hg)	< Lc	mg / L	MFES - 073	CVAAS	
Arsénico Total (As)	< Lc	mg / L	MFES - 074	HGAAS	

Los resultados están expresados en muestra original

LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA	
Plomo (Pb)	0.067	mg / L	MFES - 070	FAAS	
Cadmio (Cd)	0.005	mg / L	MFES - 071	FAAS	
Cromo (Cr)	0.067	mg / L	MFES - 072	FAAS	
Mercurio (Hg)	0.001	mg / L	MFES - 073	CVAAS	
Arsénico (As)	0.001	mg / L	MFES - 074	HGAAS	

Fig.2: Análisis de metales pesados en el agua de riego del río Chiris.

El informe muestra los resultados de la prueba para cinco metales pesados: Plomo Total (Pb), Cadmio Total (Cd), Cromo Total (Cr), Mercurio Total (Hg) y Arsénico Total (As). Todos los resultados se expresan en miligramos por litro (mg/L).

Según el informe, todos los metales pesados analizados están por debajo del límite de cuantificación (LC), lo que significa que las concentraciones de estos metales en la muestra de agua son tan bajas que no se pueden medir con precisión utilizando los métodos de análisis especificados.

Es importante tener en cuenta que, aunque los niveles de estos metales estén por debajo del límite de cuantificación, esto no necesariamente significa que el agua esté libre de contaminación. Los metales pesados pueden acumularse en el suelo y las plantas con el tiempo, incluso a concentraciones bajas, y pueden tener efectos perjudiciales en la salud humana y el medio ambiente.

Los resultados del análisis también pueden ser interpretados en el contexto de la normativa vigente sobre la calidad del agua de riego. En Perú, existen normas de calidad del agua para el riego de cultivos, que establecen límites máximos permitidos para las concentraciones de diversos contaminantes, incluyendo metales pesados.

En el caso del análisis presentado, las concentraciones de todos los metales pesados analizados se encuentran por debajo de los límites máximos permitidos establecidos en la normativa vigente. Esto significa que el agua de riego cumple con los requisitos de calidad para el riego de cultivos.

En base a los resultados del análisis y a la normativa vigente, se puede concluir que el agua de riego del cultivo de palto en la zona de Ticrapo-Huancavelica es de buena calidad y segura para el uso en el riego de este cultivo, por lo tanto, es recomendable seguir realizando pruebas regulares y considerar otras formas de tratamiento o filtración del agua si es necesario.

3.1.4. Fertilización

Es un rubro importante en el cultivo de palto, se realizó el análisis de suelo para determinar la dosis adecuada de los fertilizantes que se aplicarían a la plantación en la campaña.

Así mismo las necesidades nutrimentales para la producción de palta son variables y depende de la edad de la planta y otras características, como tipo de suelo, clima, etc. En el Fundo se riega por gravedad y se realizó el plan de fertilización, distribuyéndose de la siguiente manera:

Dosis del programa de fertilización (kg/2500 m²).

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Zn	Mn	Fe	Cu	B
30.0	20.0	25.0	15.0	12.5	5.0	1.0	0.125	0.500	0.750

Tabla 6

Fertilización campaña 2023-2024 kg/2500 m².

Meses	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Zn	Mn	Fe	Cu	B	Total, kg Mezcla aplicada al suelo
	kg	kg	kg	kg	kg	Kg	kg	Kg	kg	kg	
Junio	5.5	5	5.5	3.8	1.8	1.2					23
Julio	5.3	4	5.2	2.1	1.8	0.8	0.2		0.125	0.15	20
Agosto	5.5	3	3.5	2.6	2.1	1.0	0.2	0.042	0.10	0.15	18
Setiembre	4.5	3	4.5	1.6	2.1	1.0	0.2	0.042	0.125	0.15	17
Octubre	3.4	3	3.3	1.7	1.7	0.6	0.2	0.041	0.05	0.15	14
Noviembre	3.3	1	1.5	1.6	1.5	0.2	0.2		0.05	0.1	9
Diciembre	2.5	1	1.5	1.6	1.5	0.2			0.05	0.05	8
Enero	0.0			-							
Febrero	0.0			-	-	-	-		-	-	
Total	30	20	25	15	12.5	5	1	0.125	0.5	0.75	110

Análisis de la distribución de nutrientes:

Nitrógeno (N): La cantidad de nitrógeno aplicada disminuye gradualmente a lo largo del ciclo de cultivo, desde un máximo de 5.5 kg/2500 m² en junio hasta un mínimo de 2.5 kg/2500 m² en diciembre. Esta distribución refleja las necesidades cambiantes de la planta en cuanto a nitrógeno, ya que requiere más nitrógeno durante el crecimiento inicial y la floración, y menos durante la maduración y cosecha.

Fósforo (P₂O₅): La aplicación de fósforo se mantiene relativamente constante durante los primeros 5 meses, con valores entre 4 y 5 kg/2500 m². A partir de agosto, la cantidad de fósforo se reduce a 3 kg/2500 m². Esta distribución puede estar relacionada a la menor demanda de este nutriente en las etapas finales del ciclo de cultivo.

Potasio (K₂O): La aplicación de potasio también presenta una tendencia decreciente, desde un máximo de 5.5 kg/2500 m² en junio hasta un mínimo de 1.5 kg/2500 m² en diciembre. Esta distribución refleja la importancia del potasio para la calidad del producto final y su papel en la resistencia a enfermedades.

Calcio (Ca): La aplicación de calcio se mantiene relativamente constante durante la mayor parte del ciclo de cultivo, con valores entre 1.6 y 3.8 kg/2500 m². El calcio es un elemento esencial para la estructura de las paredes celulares y la calidad del producto final.

Magnesio (Mg): La aplicación de magnesio también presenta una tendencia decreciente, desde un máximo de 2.1 kg/2500 m² en junio hasta un mínimo de 1.5 kg/2500 m² en diciembre. El magnesio es un componente esencial de la clorofila y juega un papel importante en la fotosíntesis.

Micronutrientes: La aplicación de micronutrientes como zinc (Zn), manganeso (Mn), hierro (Fe), cobre (Cu) y boro (B) se realiza en cantidades más pequeñas, pero no por ello menos importantes. Estos micronutrientes son esenciales para diversos procesos fisiológicos de la planta y su deficiencia puede afectar negativamente el rendimiento y la calidad del producto.

Consideraciones adicionales:

Es importante realizar análisis de suelo periódicos para determinar las necesidades específicas de nutrientes de cada cultivo y ajustar el plan de fertilización en consecuencia.

La aplicación excesiva de fertilizantes puede ser perjudicial para el medio ambiente y para la salud del suelo. La tabla de fertilización presentada proporciona una guía detallada para la aplicación de nutrientes durante el ciclo de cultivo 2023-2024. La distribución de nutrientes refleja las necesidades cambiantes de la planta y las características del suelo. Es importante considerar factores adicionales como el tipo de fertilizante, la forma de aplicación y la realización de análisis de suelo para optimizar el plan de fertilización y obtener los mejores resultados.

Segundo Análisis de Suelo de 0.00 a 0.30 cm y de 0.30 a 0.60 cm

Tabla 7

Análisis Físico-Mecánico del Suelo 0.00 – 0.30 cm 2023

Componentes	Nivel (0.00 a 0.30 cm)	Método usado)
Arena (%)	43.11	Bouyoucos
Limo (%)	26.60	
Arcilla (%)	30.29	
Clase textural	Franco – Arcilloso	Triángulo Textural

Tabla 8
Análisis Físico-Mecánico del Suelo 0.30 – 0.60 cm 2023

Componentes	Nivel (0.30-0.60 m)	Método usado
Arena (%)	51.06	
Limo (%)	21.66	Bouyoucos
Arcilla (%)	27.28	
Clase textural	Franco – Arcilloso Arenosa	Triángulo Textural

Según el análisis físico mecánico realizados, en las tablas 1 y 2, se demuestra que el terreno de cultivo donde está instalado el Palto es de una textura Franco – Arcillosa en el nivel de 0.00 a 0.30 cm y Franco Arcilloso Arenoso en el nivel 0.30 a 0.60 cm.

El análisis de suelo permite conocer las características físicas y químicas del suelo, como la textura, la estructura, el pH, la capacidad de intercambio catiónico, entre otros. Estos factores son determinantes para la mejora de la cantidad y calidad de la producción. Ayuda a determinar la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo, lo que es crucial para el desarrollo del palto. Por ejemplo, el palto tiene preferencia por los suelos de textura franco-arenosa a arenosa, profundos, bien drenados y con buena aireación.

Con base en los resultados del análisis de suelo, se puede ajustar el plan de fertilización para satisfacer las necesidades específicas del cultivo de palto. Esto puede resultar en un uso más eficiente de los fertilizantes, lo que puede reducir los costos y minimizar el impacto ambiental.

Tabla 9
Análisis Químico de Suelo 0.00 – 0.30 cm 2023

PARAMETROS	RESULTADO	METODO USADO	INTERPRETACION
Carbonato de Calcio Total %	2.46	Gravimétrico	Bajo
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C	1.08	Electrométrico	No Salino
pH (1/1) a Temp = 21 °C	7.63	Electrométrico	Medianamente Básico
Fosforo Disponible ppm	37.74	Olsen	Alto
Materia Orgánica %	4.48	Walkley y Black	Muy Alto
Nitrógeno Total %	0.26	Kjeldahl	Muy Alto
Potasio Disponible ppm	.-	Acetato de Amonio	.-
Cationes Cambiables		Extractante:Ac. Amonio	
Calcio mEq / 100 g	20.33	FAAS	Muy Alto
Magnesio mEq / 100 g	4.46	FAAS	Muy Alto
Sodio mEq / 100 g	0.40	FAAS	Bajo
Potasio mEq / 100 g	1.16	FAAS	Alto
C.I.C.E mEq / 100 g	26.35	Cálculo Matemático	Alto
P.S.I %	1.53	Cálculo Matemático	No Salino
Micronutrientes Disponibles			
Cobre ppm	1.63	FAAS	Bajo
Zinc ppm	1.40	FAAS	Adecuado
Manganeso ppm	14.02	FAAS	Muy Alto
Hierro ppm	14.61	FAAS	Muy Alto
Boro ppm	3.32	Extractante: CaCl ₂ 2H ₂ O Colorímetro	Muy Alto

Fuente: Laboratorio del Instituto Rural Valle Grande

Tabla 10
Análisis Químico de Suelo 0.30 – 0.60 cm 2023

PARAMETROS	RESULTADO	METODO USADO	INTERPRETACION
Carbonato de Calcio Total %	5.34	Gravimétrico	Bajo
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C	0.81	Electrométrico	No Salino
pH (1/1) a Temp = 21 °C	7.83	Electrométrico	Medianamente Básico
Fosforo Disponible ppm	6.86	Olsen	Bajo
Materia Orgánica %	1.17	Walkley y Black	Bajo
Nitrógeno Total %	0.07	Kjeldahl	Bajo
Potasio Disponible ppm	.-	Acetato de Amonio	.-
Cationes Cambiables		Extractante:Ac. Amonio	
Calcio mEq / 100 g	11.77	FAAS	Normal
Magnesio mEq / 100 g	3.76	FAAS	Alto
Sodio mEq / 100 g	0.46	FAAS	Bajo
Potasio mEq / 100 g	0.58	FAAS	Bajo
C.I.C.E mEq / 100 g	16.57	Cálculo Matemático	Medio
P.S.I %	2.77	Cálculo Matemático	No Salino
Micronutrientes Disponibles			
Cobre ppm	1.24	FAAS	Bajo
Zinc ppm	0.28	FAAS	Bajo
Manganeso ppm	13.23	FAAS	Muy Alto
Hierro ppm	8.65	FAAS	Muy Alto
Boro ppm	2.68	Extractante: CaCl ₂ ·2H ₂ O Colorímetro	Muy Alto

Fuente: Laboratorio del Instituto Rural Valle Grande

3.1.5. Resultados obtenidos en los análisis realizados a los órganos del cultivo de Palto de los metales pesados en estudio.

Parámetros	Metales Pesados mg/kg				
Fundo "Pampachacra - Ticrapo"	Plomo Total	Cadmio Total	Cromo Total	Mercurio Total	Arsénico Total
ECA Niveles Máximo Permisible	70	1.4	100.0	6.6	50
1° Muestra de suelo 0.0 - 0.30 Cm	44.88	1.31	12.02	0.02	0.01
2° Muestra de suelo 0.0 - 0.30 Cm	32.86	1.43	8.76	0.071	0.003

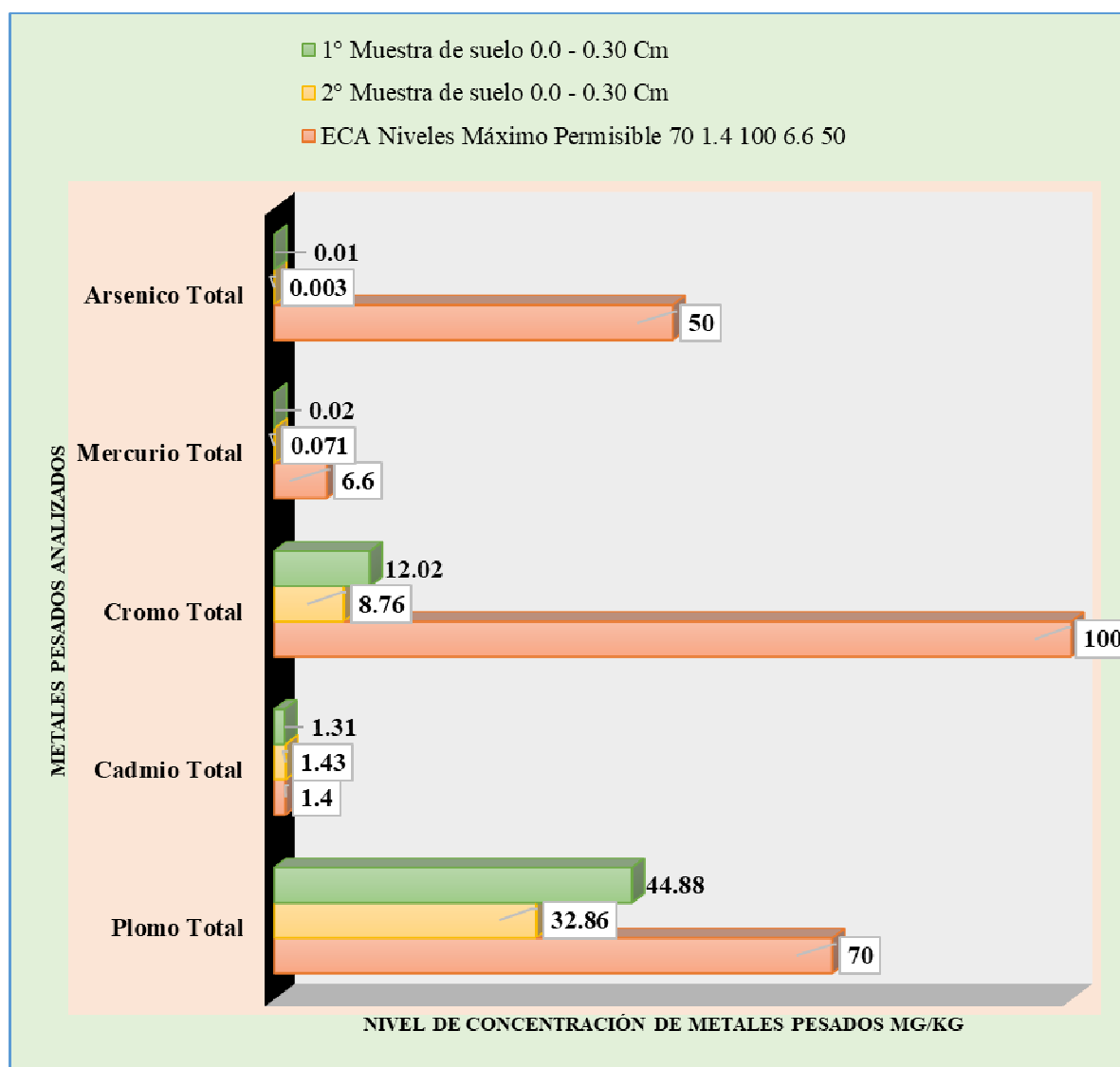


Fig. 3: Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en el suelo Agrícola (0.0 – 0.30 Cm) en el cultivo de Palto.

Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en el suelo Agrícola

Parámetros	Metales Pesados mg/kg				
	Plomo	Cadmio	Cromo	Mercurio	Arsénico
Fundo "Pampachacra - Ticrapo"	Total	Total	Total	Total	Total
ECA Niveles Máximo Permisible	70	1.4	100.0	6.6	50
1º Muestra Suelo de 0.30 - 0.60 Cm.	59.23	2.02	8.74	0.03	0.02
2º Muestra Suelo de 0.30 - 0.60 Cm	27.2	1.41	8.69	0.06	0.02

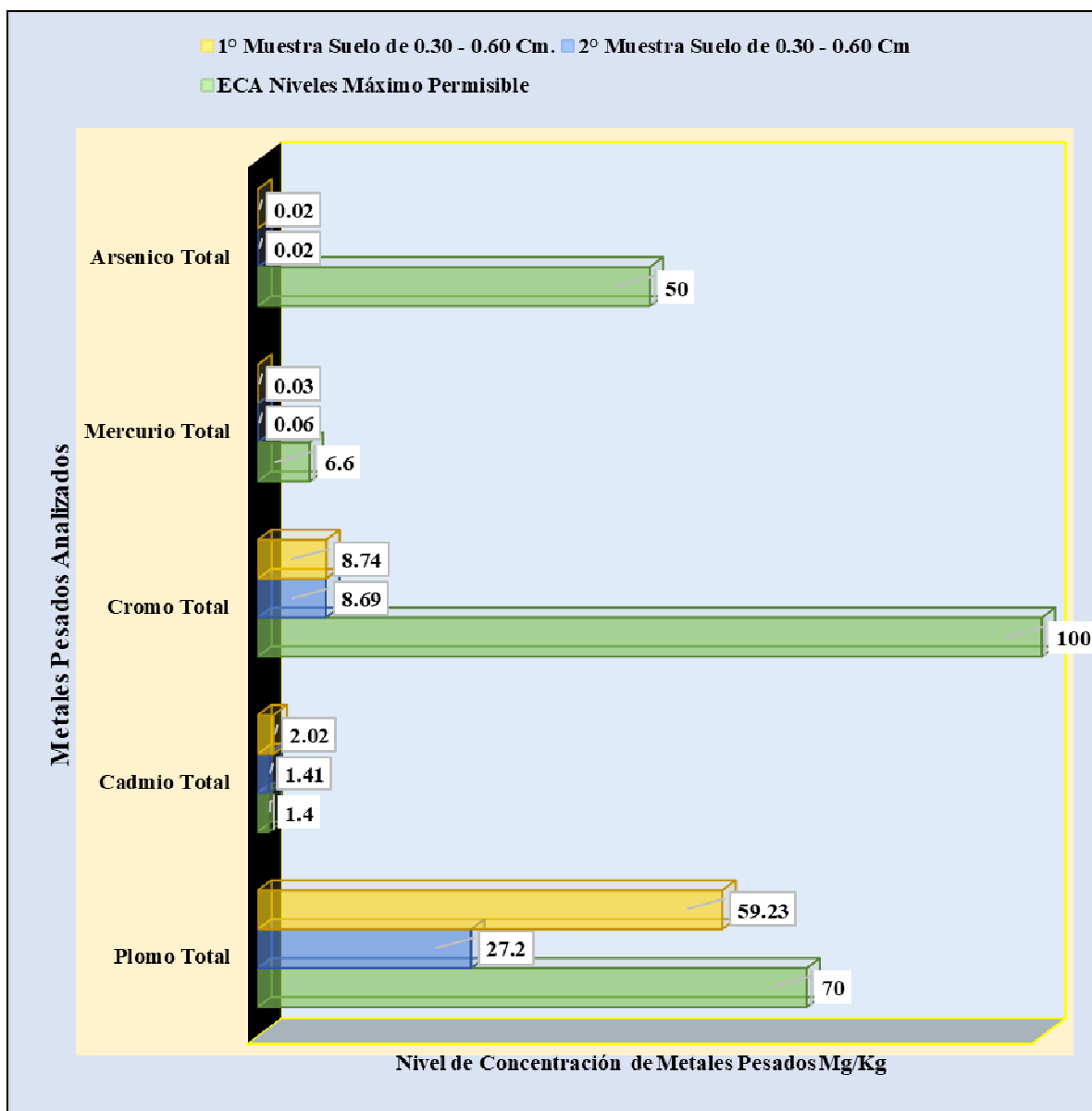


Fig. 4: Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en el suelo Agrícola (0.30 – 0.60 Cm) en el cultivo de Palto.

Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en el Agua de Riego

Parámetros	Metales Pesados mg/kg				
	Plomo Total	Cadmio Total	Cromo Total	Mercurio Total	Arsénico Total
Fundo "Pampachaera - Ticrapo"					
ECA Niveles Máximo Permisible	0.05	0.01	0.1	0.001	0.1
1º Muestra de Agua de Riego	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
2º Muestra de Agua de Riego	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC

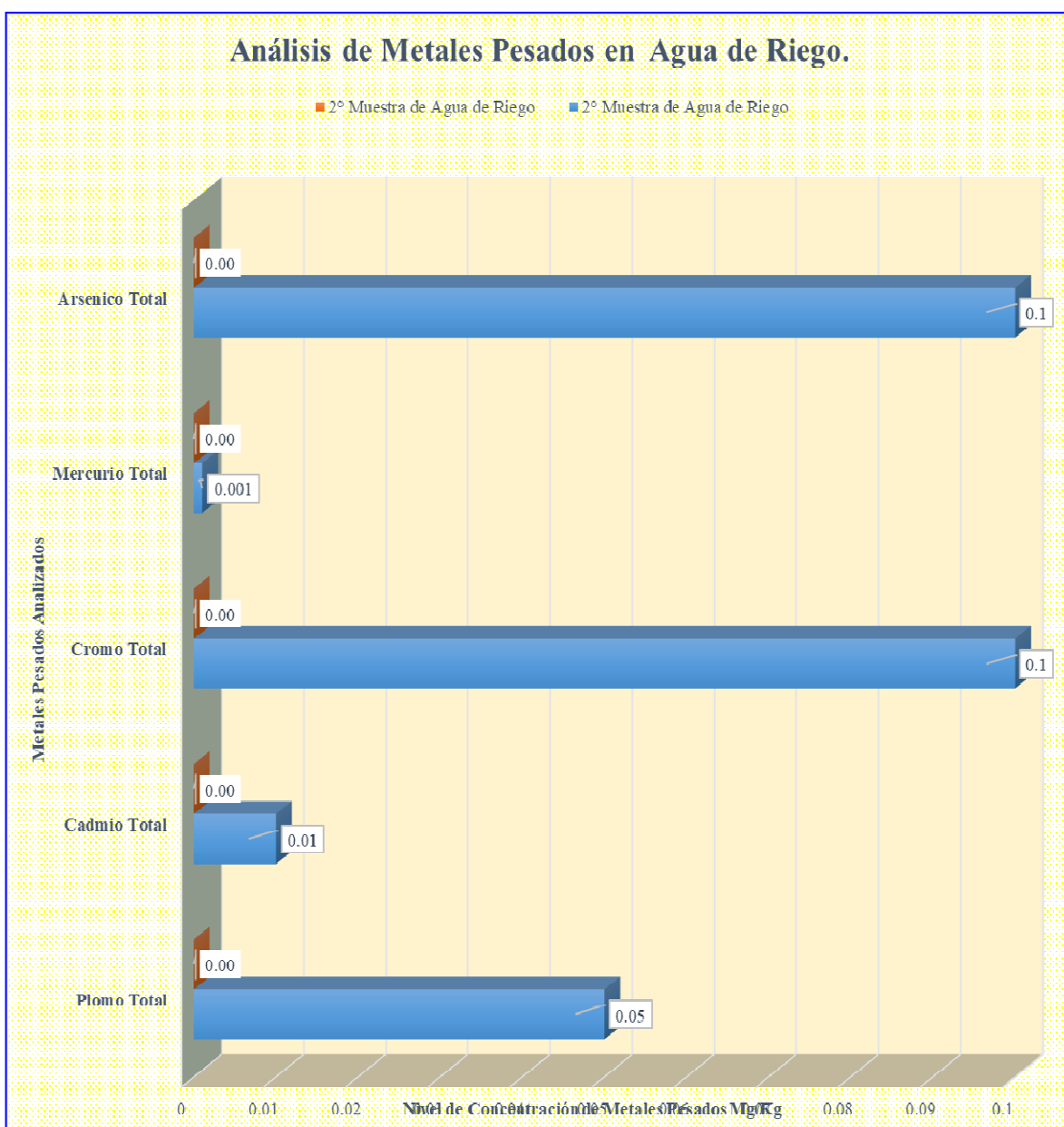


Fig. 5: Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en el Agua de Riego en el cultivo de Palto.

Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en las raíces

Parámetros	Metales Pesados mg/kg				
	Plomo Total	Cadmio Total	Cromo Total	Mercurio Total	Arsénico Total
Fundo "Pampachacra - Ticrapo"					
ECA Niveles Máximo Permisible	20	20	20	20	20
1° Muestra Radicular (Raíces)	2.638	0.213	4.113	0.015	0.026
2° Muestra Radicular (Raíces)	2.88	0.55	4.15	0.003	0.001

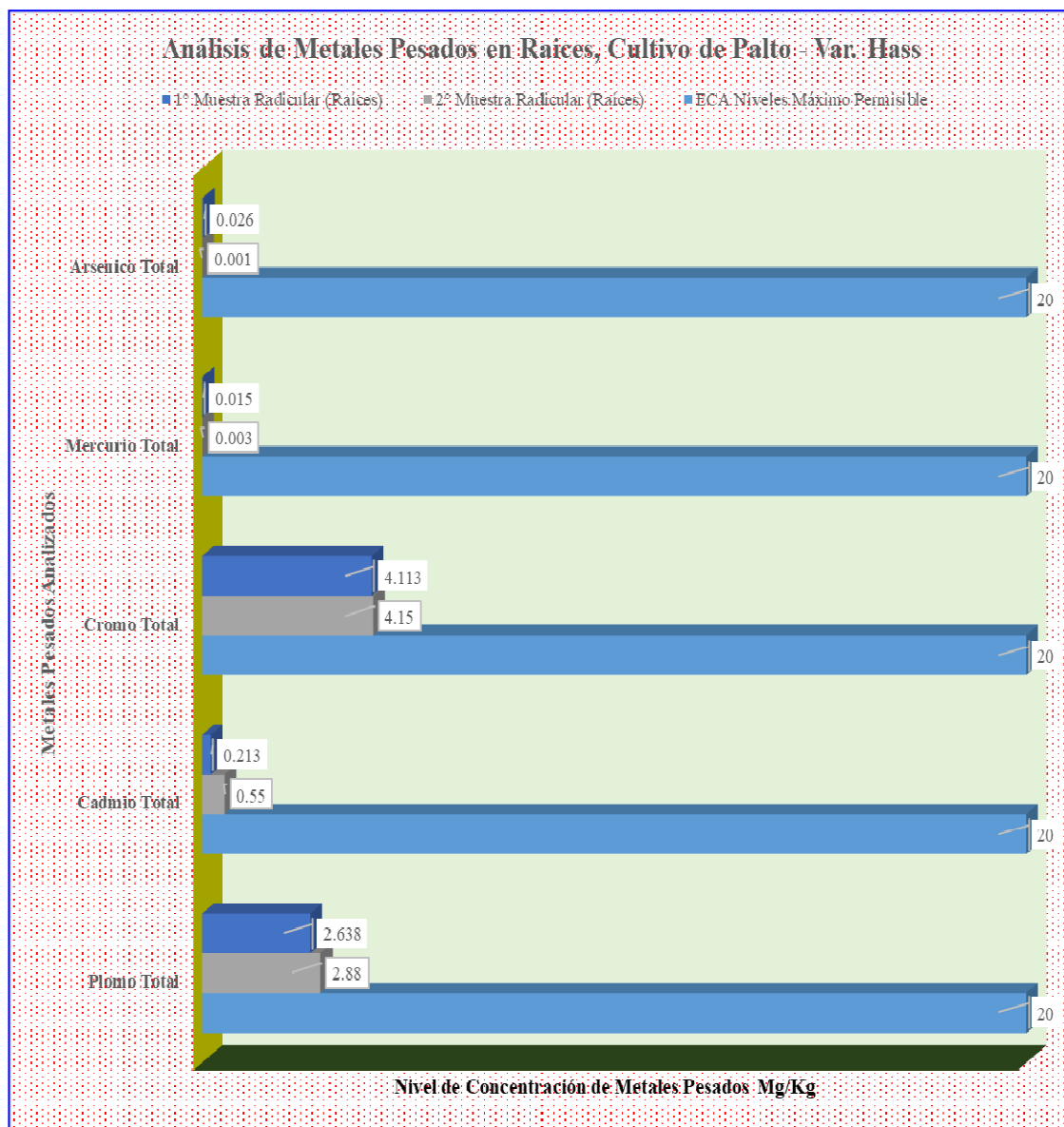


Fig. 6: Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en Raíces del cultivo de Palto.

Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en las Hojas en Floración y en Maduración.

Parámetros	Metales Pesados mg/kg				
	Plomo Total	Cadmio Total	Cromo Total	Mercurio Total	Arsénico Total
Fundo "Pampachacra - Ticrapo"					
ECA Niveles Máximo Permissible	20	20	20	20	20
1º Muestra Foliar	3.838	0.475	1.713	0.016	0.016
2º Muestra Foliar	1.82	0.59	3.48	0.003	0.001

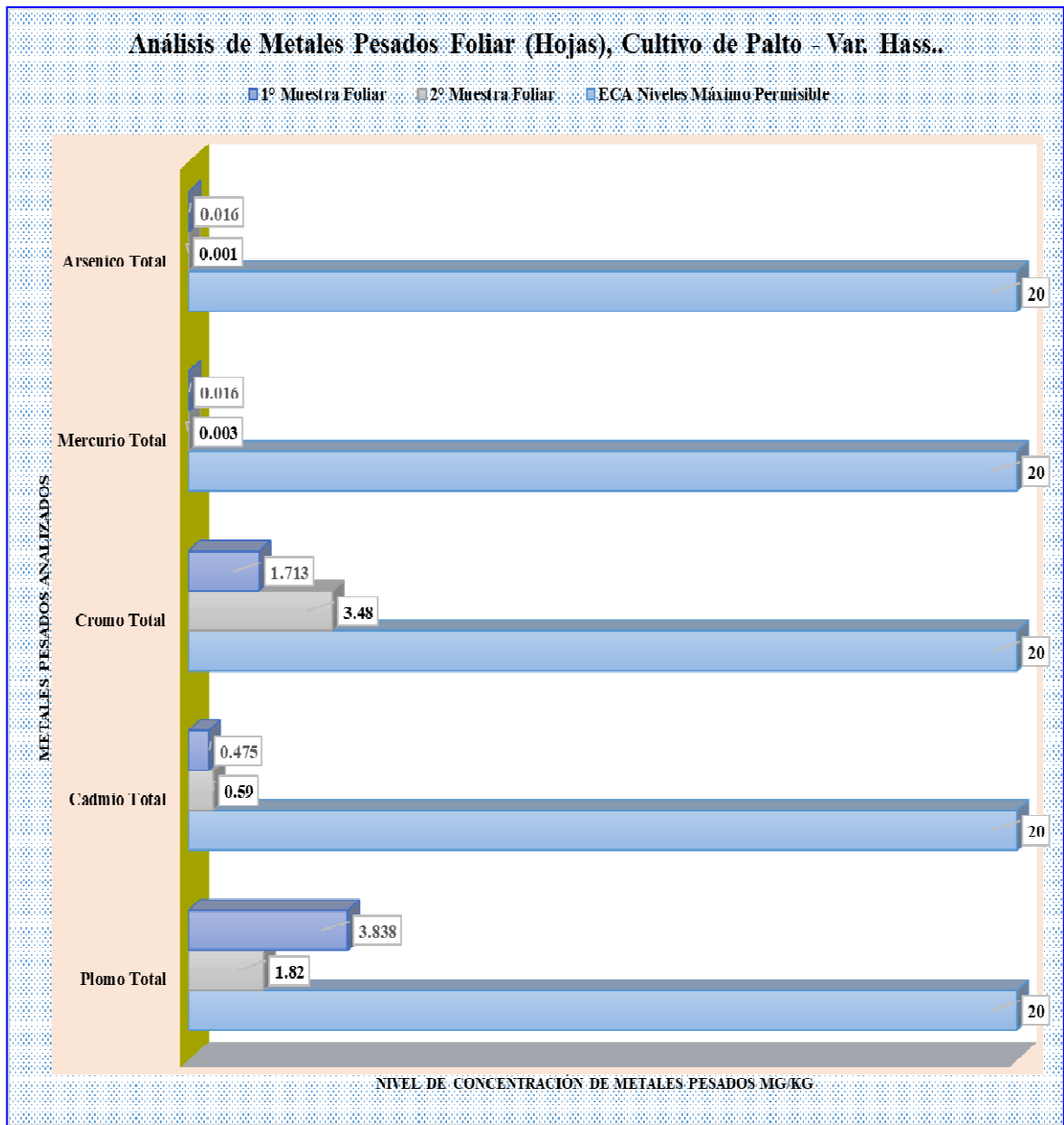


Fig. 7: Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en Hojas del cultivo de Palto.

Análisis de Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en los frutos.

Parámetros	Metales Pesados mg/kg				
	Plomo	Cadmio	Cromo	Mercurio	Arsénico
Fundo "Pampachacra - Ticrapo"	Total	Total	Total	Total	Total
Limites Máximo Permisible EU	0.1	0.050	0.1	0.1	0.10
1º Muestra de Fruto	0.388	0.009	<LC	0.004	0.003
2º Muestra de Fruto	<LC	0.008	<LC	<LC	<LC

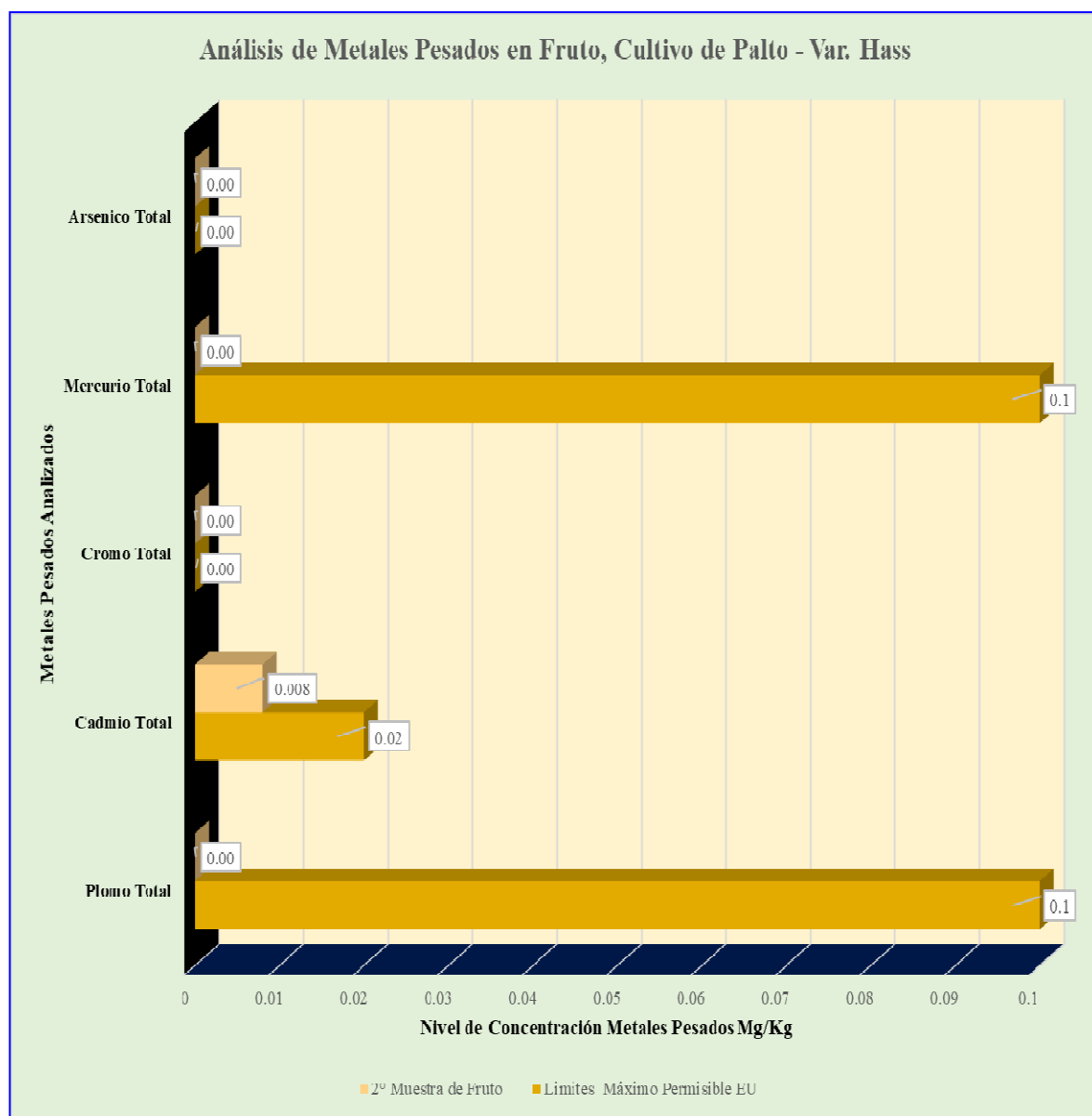


Fig. 8: Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en Hojas maduras del cultivo de Palto.

Tabla 11

Consolidado General de Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en el Cultivo de Palto.

Parámetros		Presencia de Metales Pesados mg/kg				
Fundo "Pampachacra - Ticrapo"		Plomo Total	Cadmio Total	Cromo Total	Mercurio Total	Arsénico Total
Suelo	ECA Niveles Máximo Permisible	70	1.4	100	6.6	50
	1° Muestra de suelo 0.0 - 0.30 Cm	44.88	1.31	12.02	0.02	0.01
	2° Muestra de suelo 0.0 - 0.30 Cm	32.86	1.43	8.76	0.071	0.003
	1° Muestra Suelo de 0.30 - 0.60 Cm.	59.23	2.02	8.74	0.03	<LC
	2° Muestra Suelo de 0.30 - 0.60 Cm	27.2	1.41	8.69	0.06	0.02
Agua	ECA Niveles Máximo Permisible	0.05	0.01	0.1	0.001	0.1
	1° Muestra Inicial agua de riego	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
	2° Muestra Final agua de riego	<LC	<LC	<LC	<LC	<LC
Raíz	ECA Niveles Máximo Permisible	20	20	20	20	20
	1° Muestra Inicial Raíz	2.638	0.213	4.113	0.015	0.026
	2° Muestra Final Raíz	2.88	0.55	4.15	0.003	0.001
Hoja	ECA Niveles Máximo Permisible	20	20	20	20	20
	1° Muestra Foliar Floración	3.838	0.475	1.713	0.016	0.016
	2° Muestra Foliar Maduración/cosecha	1.82	0.59	3.48	0.003	0.001
Fruto	Limites Máximo Permisible EU	0.1	0.02	0.3	0.1	0.1
	1° Muestra Fruto Maduración	0.388	0.009	<LC	0.004	0.003
	2° Muestra Fruto Cosecha	<LC	0.008	<LC	<LC	<LC

Nota: En el caso del Cromo, para este metal, el Codex Alimentarius (1995) no presenta los límites permitidos para este elemento. No hay niveles máximos establecidos para el cromo en los alimentos. Tan sólo para el agua potable, tanto para el agua de consumo humano como para las envasadas, establecidos en 50 µg de cromo /litro de agua

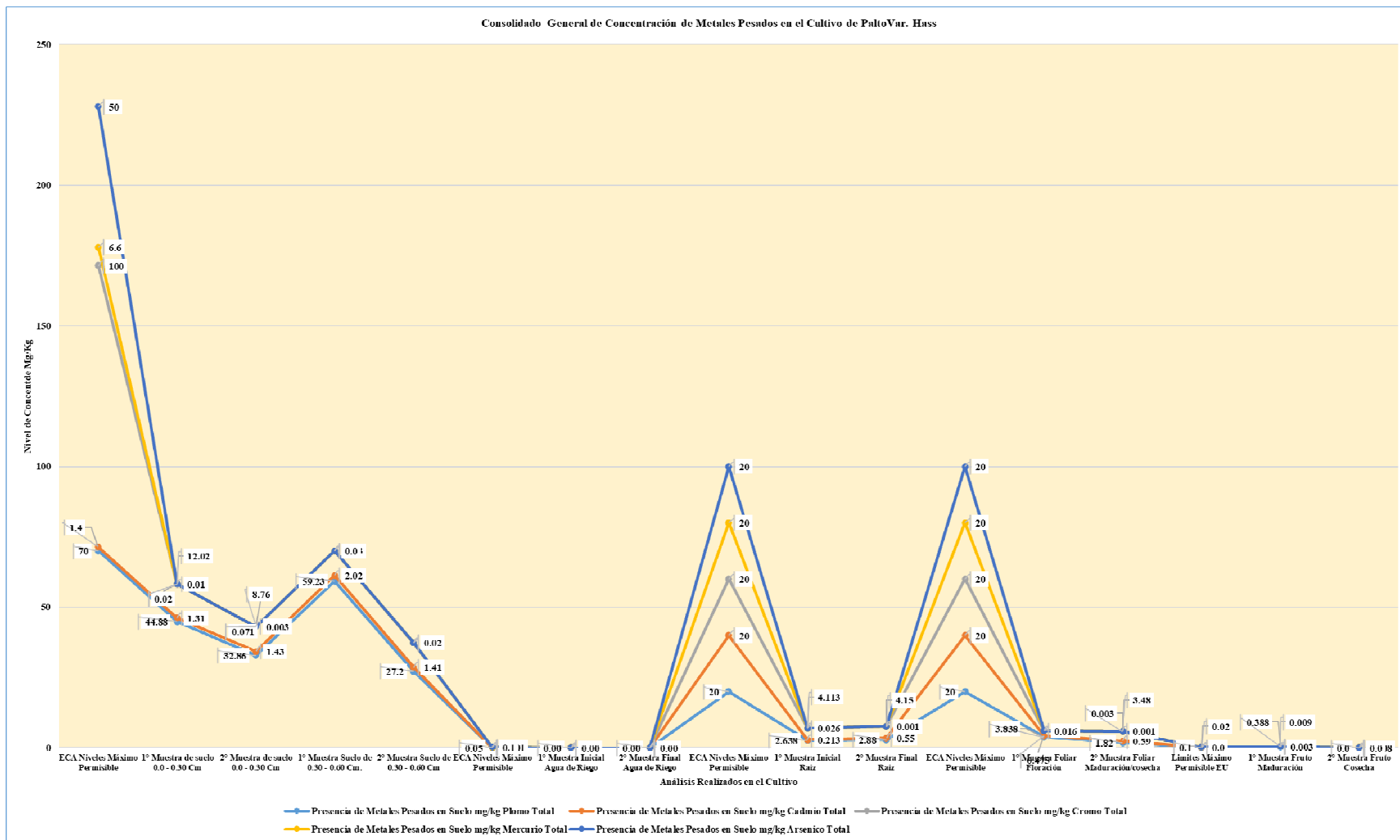


Fig. 9: Consolidado General de Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en Cultivo de Palto.

Resultados del Análisis del cultivo de Palto del metal pesado: Plomo Total (Pb)

Parámetros	Metales Pesados mg/kg																
	Suelo					Agua			Raíz			Hojas			Frutos		
Fundo "Pampachacra - Ticrapo"	ECA Niveles Máximo Permissible	1° Muestra de 0.0-0.30 Cm	2° Muestra de 0.0-0.30 Cm	1° Muestra de 0.30-0.60 Cm	2° Muestra de 0.30-0.60 Cm	ECA Niveles Máximo Permissible	1° Muestra Inicial	2° Muestra Final	ECA Niveles Máximo Permissible	1° Muestra Inicial Raiz	2° Muestra Final Raiz	ECA Niveles Máximo Permissible	1° Muestra Foliar Floración	2° Muestra Foliar Maduración/cosecha	Límite Máximo permisible EU	1° Muestra Fruto Maduración	2° Muestra Fruto Cosecha
Plomo Total (Pb)	70	44.88	32.86	59.23	27.2	0.05	0	0	20	2.638	2.88	20	3.838	1.82	0.1	0.388	0

Al analizar la presencia de plomo (Pb) en diferentes partes de la planta y en diferentes momentos del ciclo de cultivo, en comparación con los niveles máximos permitidos (ECA Niveles Máximo Permissible y Límite Máximo permisible EU), encontramos que:

El nivel máximo permitido de plomo en el suelo es de 70 mg/kg. Las muestras tomadas en el suelo a diferentes profundidades (0.0-0.30 cm y 0.30-0.60 cm) muestran niveles de plomo que varían entre 27.2 y 59.23 mg/kg, todos por debajo del límite permitido.

El nivel máximo permitido de plomo en el agua es de 0.05 mg/kg. Las muestras de agua tomadas al inicio y al final del estudio no mostraron presencia de plomo.

El nivel máximo permitido de plomo en las raíces es de 20 mg/kg. Las muestras tomadas al inicio y al final del estudio mostraron niveles de plomo de 2.638 y 2.88 mg/kg, respectivamente, ambos por debajo del límite permitido.

El nivel máximo permitido de plomo en las hojas es de 20 mg/kg. Las muestras tomadas durante la floración y la maduración/cosecha mostraron niveles de plomo de 3.838 y 1.82 mg/kg, respectivamente, ambos por debajo del límite permitido.

El límite máximo permitido de plomo en los frutos, según la normativa de la Unión Europea, es de 0.10 mg kg⁻¹. Las muestras tomadas durante la maduración y la cosecha mostraron niveles de plomo de 0.388 y 0.0 mg/kg, respectivamente, el primer análisis supera el límite máximo permisible permitido, estando la palta contaminada por plomo.

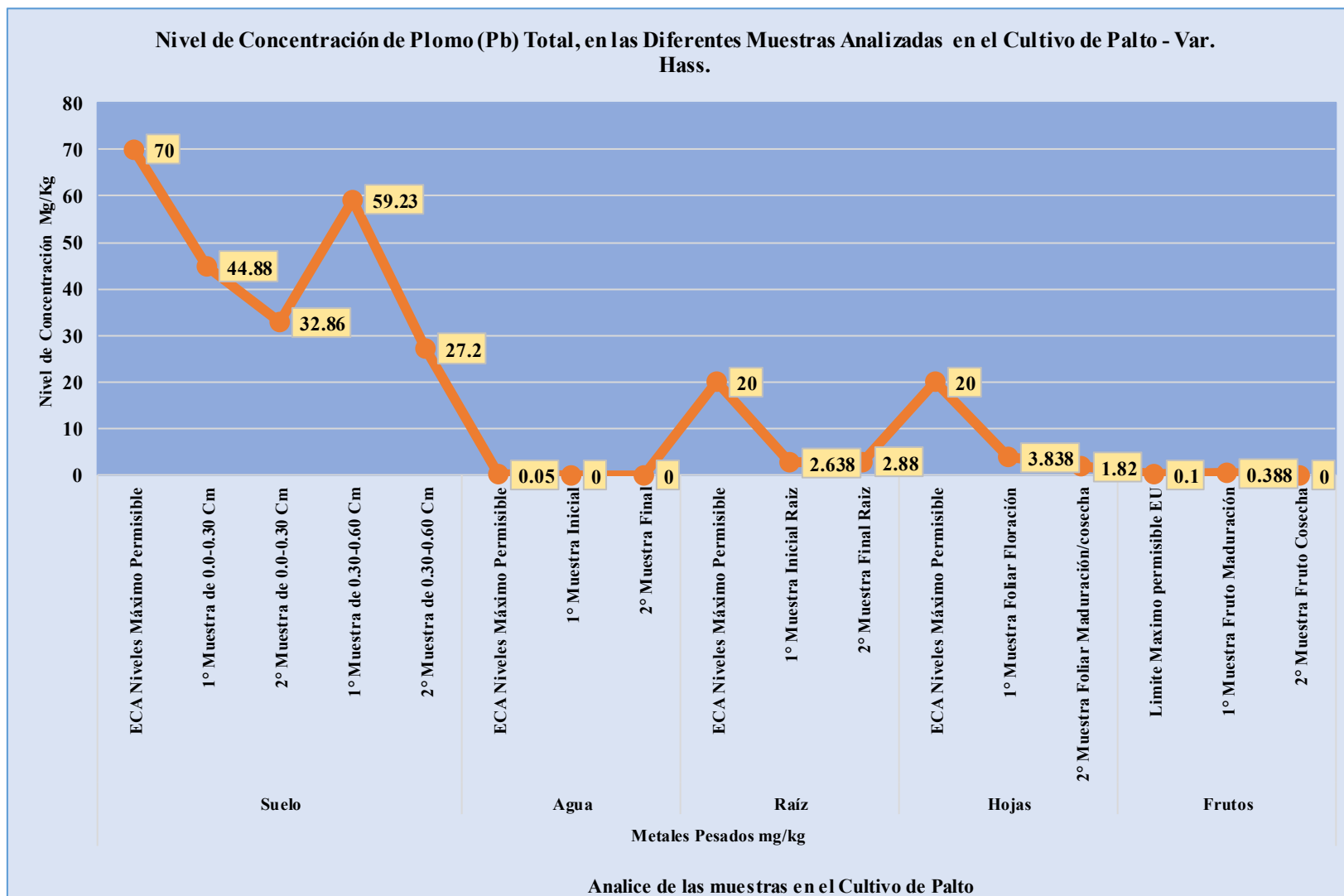


Fig. 10: Resultado del Análisis del metal pesado: Plomo Total (Pb) en el suelo, agua, raíz, hojas y fruta del Palto.

Análisis de resultados obtenidos del metal pesado: Cadmio Total (Cd)

Parámetros	Metales Pesados mg/kg																
	Suelo					Agua			Raíz		Hojas			Frutos			
Fundo "Pampachacra Ticrapo"	ECA Niveles Máximo Permissible	1° Muestra de 0.0- 0.30 Cm	2° Muestra de 0.0- 0.30 Cm	1° Muestra de 0.30- 0.60 Cm	2° Muestra de 0.30- 0.60 Cm	ECA Niveles Máximo Permissible	1° Muestra Inicial	2° Muestra Final	ECA Niveles Máximo Permissible	1° Muestra Inicial Raíz	2° Muestra Final Raíz	ECA Niveles Máximo Permissible	1° Muestra Foliar Floración	2° Muestra Foliar Maduración/cosecha	Límite Máximo permisible EU	1° Muestra Fruto Maduración	2° Muestra Fruto Cosecha
Cadmio Total (Cd)	1.4	1.31	1.43	2.02	1.41	0.01	<LC	<LC	20.0	0.213	0.55	20.0	0.475	0.59	0.05	0.009	0.008

Suelo: La concentración de Cadmio (Cd) en el suelo en la etapa de inicio del desarrollo vegetativo es de 1.31 mg/kg en la primera muestra en el nivel 0.00 a 0.30 cm, valor cerca al límite máximo permisible, la segunda muestra de 0.00 a 0.30 cm en la etapa fenológica de cosecha es de 1.43 mg/kg. supera el límite, lo que indica que el suelo acumula cadmio al final del periodo vegetativo, la primera muestra en el nivel de 0.30 a 0.60 cm es de 2.02 mg/kg, estando contaminado el suelo excediendo el límite máximo permisible y la segunda muestra en la etapa de cosecha, al finalizar el periodo fenológico en el nivel de 0.30 a 0.60 cm es de 1.41 mg/kg, supera también el límite. Esto es importante porque los metales pesados en el suelo pueden ser absorbidos por las plantas y afectar su crecimiento y desarrollo.

Agua: El nivel máximo de concentración de Cadmio en el agua es de 0.01 mg/kg. Esto es relevante porque el agua es una vía a través de la cual los metales pesados pueden entrar en el sistema de las plantas, pero las muestras presentan < Lc, menor al límite cuantificable, el agua no presenta contaminación para cadmio.

Raíz: La concentración de Cadmio en la raíz del palto es de 0.213 mg/kg en la muestra inicial y de 0.55 mg/kg en la muestra final. No están contaminada la raíz por cadmio, pues el valor que se toma es de residuos que es de 20.0 mg/kg, pero si presenta trazas de este metal.

Hojas: La concentración de Cadmio en las hojas del palto es de 0.475 mg/kg en la muestra inicial y de 0.59 mg/kg en la muestra final, al igual que las raíces se toma el valor de los residuos que es de 20.0 mg/kg. Esto sugiere que, si bien no se supera el límite máximo permisible de las normas, el Cadmio muestra trazas, las cuales está siendo transportado desde las raíces a las hojas de la planta.

Frutos: La concentración de Cadmio (Cd) en los frutos del palto es de 0.009 mg/kg. en la muestra inicial y de 0.008 mg/kg en la muestra final. Esto es crucial porque los frutos son la parte de la planta que se consume, y muestra trazas de este metal, si bien no supera el límite máximo permisible de 0.05 mg/kg. las trazas de este metal pesado en los frutos pueden afectar la calidad de la ruta y la seguridad alimentaria. El cadmio, un metal pesado reconocido por su toxicidad, ha causado varias alarmas debido a su detección en productos exportados del país. En julio del 2022, se interceptó un primer envío de aguacates que mostraba concentraciones de cadmio superiores a 0,05 miligramos por kilogramo (mg/kg), excediendo el límite máximo permitido por las normativas europeas.

Estos resultados son importantes para entender cómo el Cadmio se distribuye en diferentes partes del sistema de cultivo del palto y pueden ayudar a desarrollar estrategias para manejar y reducir la concentración de metales pesados a través de la remediación.

Resultados del Análisis del cultivo de Palto del metal pesado: Cadmio Total (Cd)

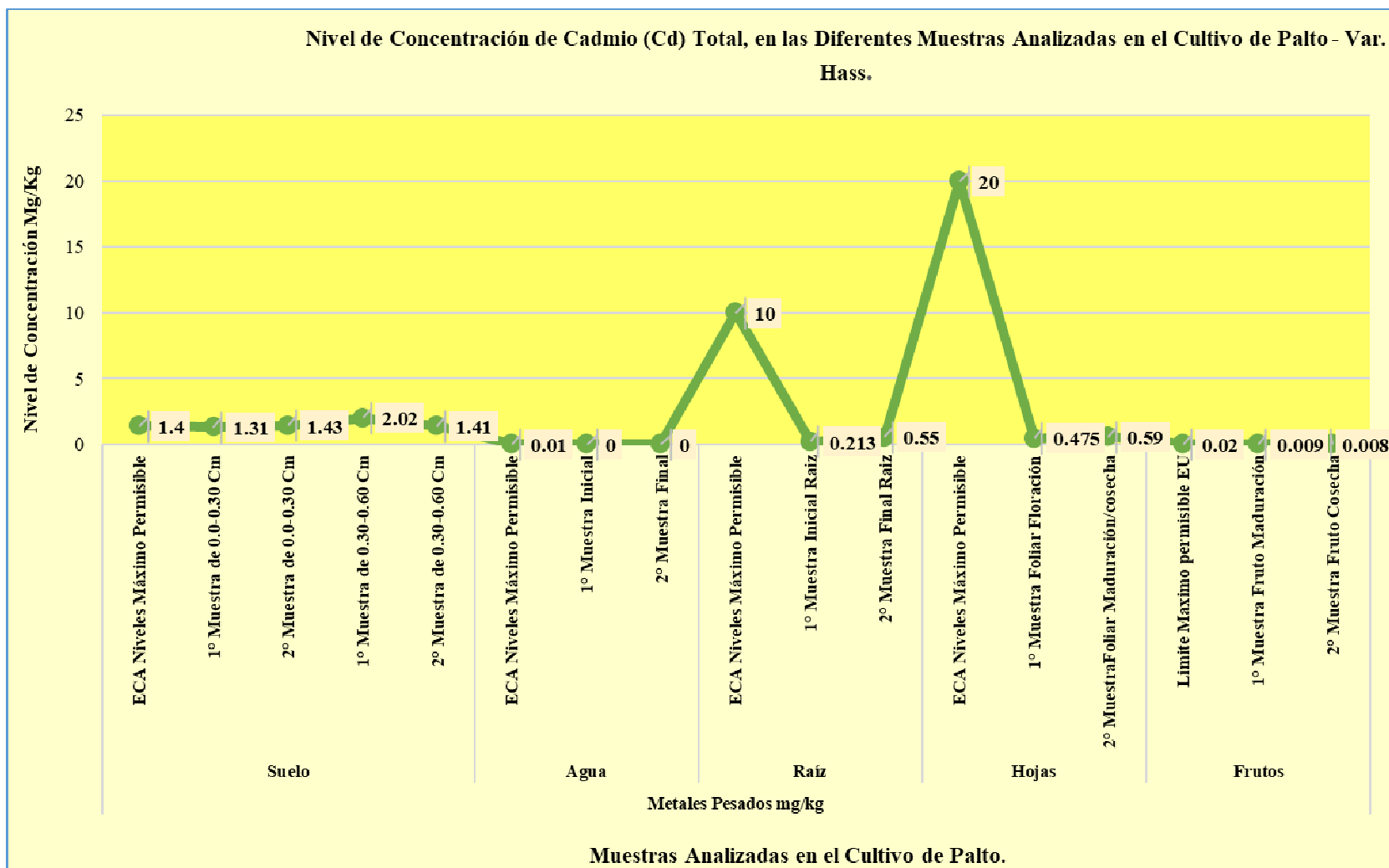


Fig. 11: Análisis de resultados obtenidos por metal pesado: Cadmio Total (Cd)

Resultados del Análisis del cultivo de Palto del metal pesado: Cromo Total (Cr)

Parámetros	Metales Pesados mg/kg																
	Suelo					Agua		Raíces		Hojas		Frutos					
Fundo "Pampachacra - Ticrapo"	ECA Niveles Máximo Permisible	1° Muestra de 0.0-0.30 Cm	2° Muestra de 0.0-0.30 Cm	1° Muestra de 0.30-0.60 Cm	2° Muestra de 0.30-0.60 Cm	ECA Niveles Máximo Permisible	1° Muestra Inicial	2° Muestra Final	ECA Niveles Máximo Permisible	1° Muestra Inicial	2° Muestra Final	ECA Niveles Máximo Permisible	1° Muestra Inicial	2° Muestra Final	Límite Máximo permisible EU	1° Muestra Inicial	2° Muestra Final
	Cromo (Cr) Total	100.0	12.02	8.76	8.74	8.69	0.1	< Lc	< Lc	20	4.113	4.15	20	1.713	3.48	0.1	< Lc

Los resultados están expresados en miligramos por kilogramo (mg/kg).

Suelo: La concentración de Cromo en el suelo en la primera muestra antes del desarrollo vegetativo a nivel 0.00 a 0.30 cm fue de 12.02 mg/kg, en la etapa de cosecha el valor para el mismo nivel fue de 8.74 mg/kg. La segunda muestra, etapa de cosecha, en el nivel 0.30 a 0.60 cm el valor fue de 8.76 mg/kg y en la segunda muestra tuvo un valor de 8.69 mg/kg. el nivel de cromo es de 100.0 mg/kg. El suelo no está contaminado con Cromo, pero si hay trazas de este metal en el suelo.

Agua: No se detectó Cromo (Cr) en el agua.

Raíces: La concentración de Cromo (Cr) en la raíz del palto varía entre 15 y 20 mg/kg, siendo absorbido por las raíces de la planta.

Hojas: La concentración de Cromo (Cr) en las hojas del palto varía entre 0.40 y 4 mg/kg. Esto sugiere que el Cromo está siendo transportado desde las raíces a las hojas de la planta.

Frutos: No se detectó Cromo (Cr) en los frutos del palto, siendo el valor < Lc, menor del límite cuantificable. Esto es crucial porque los frutos son la parte de la planta que se consume, y los niveles de metales pesados en los frutos pueden afectar la seguridad alimentaria.

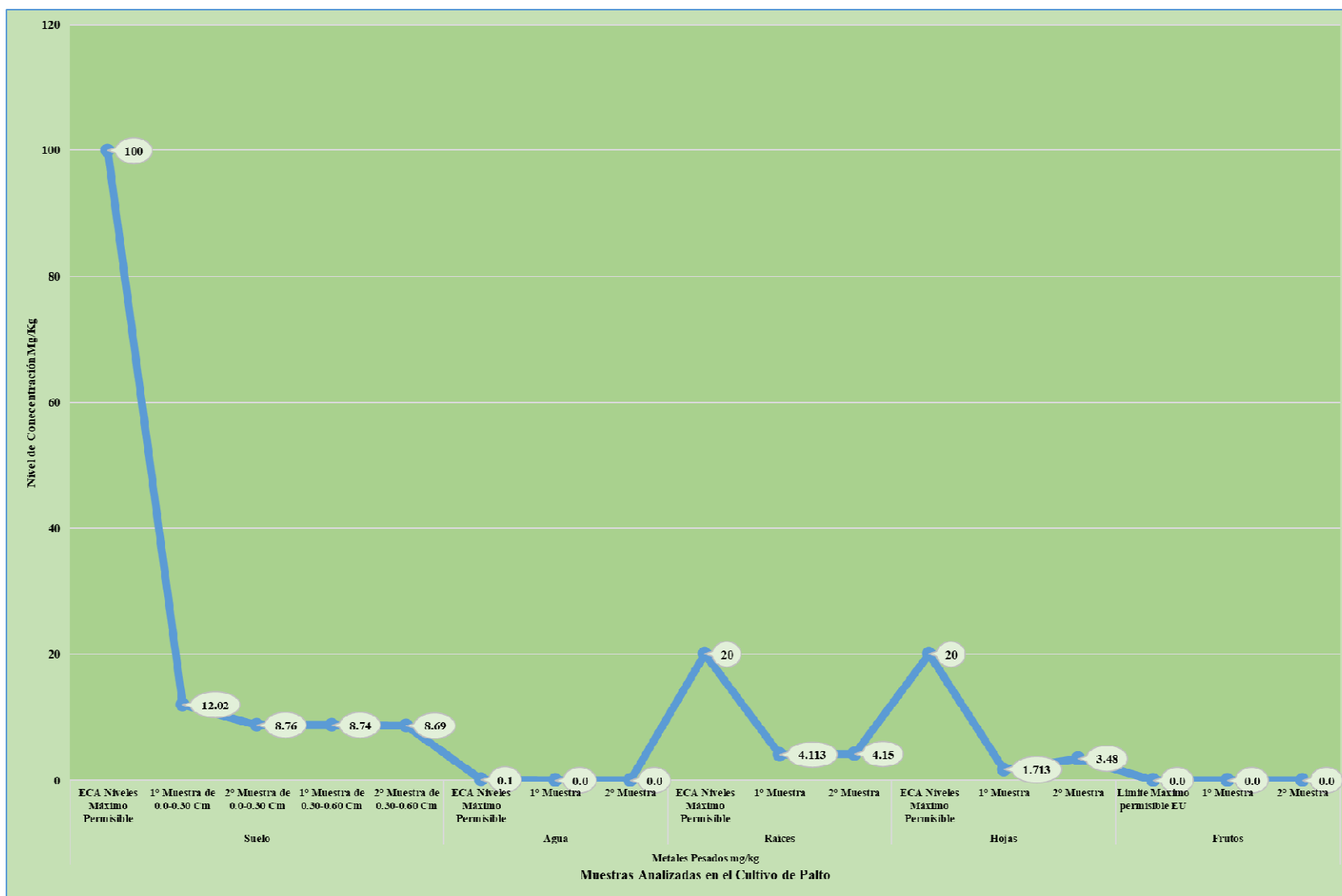


Fig. 12: Análisis de resultados obtenidos por metal pesado: Cromo Total (Cr).

Parámetros	Metales Pesados mg/kg																
	Suelo					Agua		Raíces		Hojas		Frutos					
Fundo "Pampachacra - Ticrapo"	ECA Niveles Máximo Permissible	1° Muestra de 0.0-0.30 Cm	2° Muestra de 0.0-0.30 Cm	1° Muestra de 0.30-0.60 Cm	2° Muestra de 0.30-0.60 Cm	ECA Niveles Máximo Permissible	1° Muestra Inicial	2° Muestra Final	ECA Niveles Máximo Permissible	1° Muestra Inicial	2° Muestra Final	ECA Niveles Máximo Permissible	1° Muestra Inicial	2° Muestra Final	Límite Máximo permisible EU	1° Muestra Inicial	2° Muestra Final
	Mercurio (Hg) Total	6.6	0.02	0.071	0.03	0.06	0.001	< Lc	< Lc	20	0.015	0.003	20	0.016	0.003	0.1	0.004

El Fundo "Pampachacra - Ticrapo".

Suelo: Los niveles permisibles de mercurio en el suelo según ECA (Estándares de Calidad Ambiental) son de 6.6 mg/kg. Las muestras tomadas en dos profundidades diferentes (0.0-0.30 cm y 0.30-0.60 cm) muestran niveles de mercurio que varían entre 0.02 y 0.071 mg/kg, lo cual está muy por debajo del límite permisible.

Agua: El nivel permisible de mercurio en el agua según ECA es de 0.001 mg/kg. Las dos muestras tomadas muestran un nivel de mercurio de 0 mg/kg, lo cual está dentro del límite permisible.

Raíces: El nivel permisible de mercurio en las raíces según ECA es de 20 mg/kg. Las dos muestras tomadas muestran niveles de mercurio que varían entre 0.015 y 0.003 mg/kg, lo cual está muy por debajo del límite permisible.

Hojas: El nivel permisible de mercurio en las hojas según ECA es de 20 mg/kg. Las dos muestras tomadas muestran niveles de mercurio que varían entre 0.016 y 0.003 mg/kg, lo cual está muy por debajo del límite permisible.

Frutos: El límite máximo permisible de mercurio en los frutos según la Unión Europea es de 0.1 mg/kg. Las dos muestras tomadas muestran niveles de mercurio que varían entre 0.004 y 0 mg/kg, lo cual está muy por debajo del límite permisible.

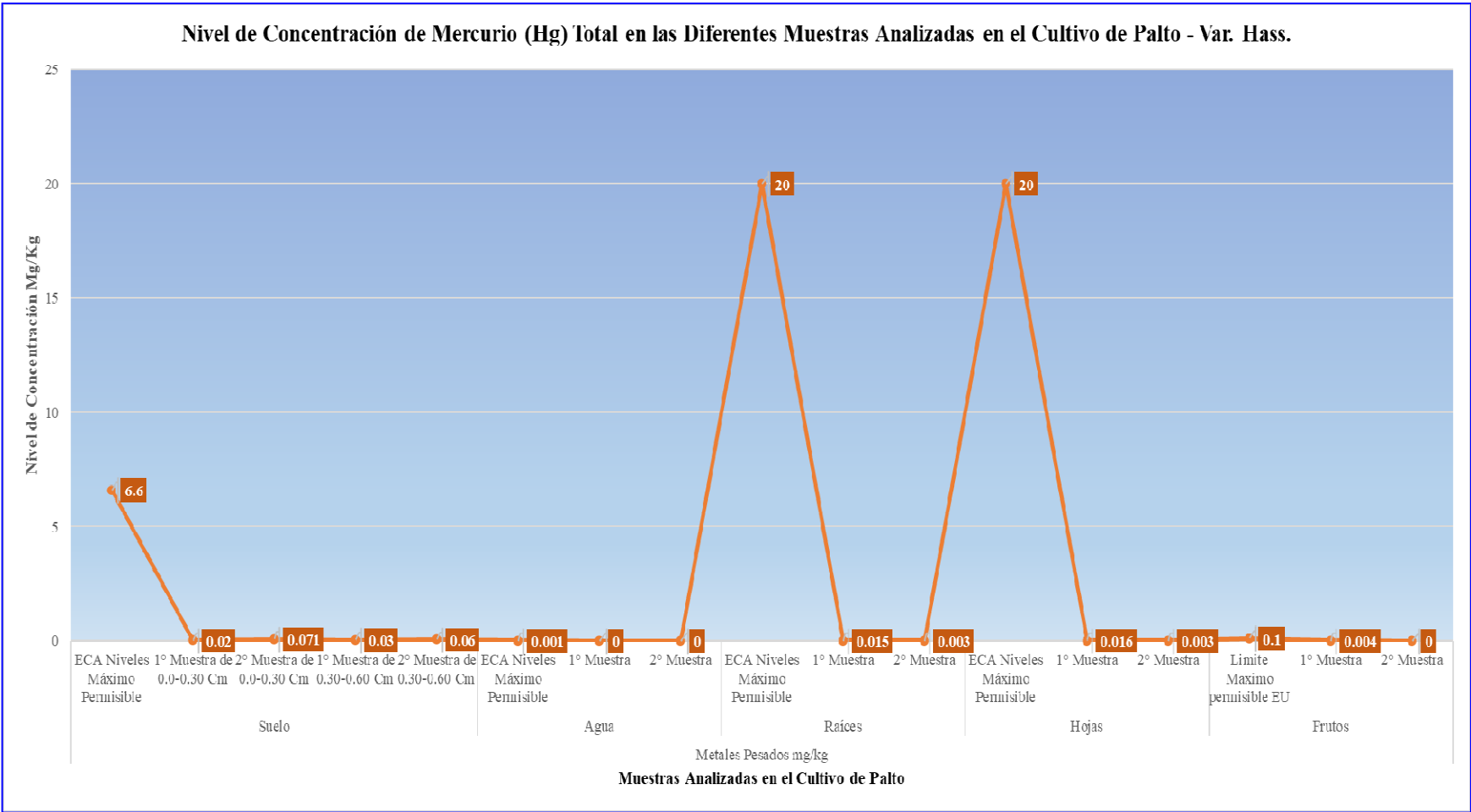


Fig. 13: Análisis de resultados obtenidos por metal pesado: Mercurio Total (Hg).

Análisis de resultados obtenidos por metal pesado: Arsénico Total (As).

Parámetros	Metales Pesados mg/kg																
	Suelo				Agua		Raíces		Hojas		Frutos						
Fundo "Pampachacra - Tiarapo"	ECA Niveles Máximo Permissible																
	1° Muestra de 0.0-0.30 Cm																
	2° Muestra de 0.0-0.30 Cm																
	1° Muestra de 0.30-0.60 Cm																
	2° Muestra de 0.30-0.60 Cm																
	ECA Niveles Máximo Permissible																
	1° Muestra Final																
	2° Muestra Inicial																
	ECA Niveles Máximo Permissible																
	1° Muestra Inicial																
	2° Muestra Final																
	ECA Niveles Máximo Permissible																
	1° Muestra Inicial																
	2° Muestra Final																
	Límite Máximo permissible EU																
	1° Muestra Inicial																
2° Muestra Final																	
Arsénico (As) Total	50	0.01	0.003	0.02	0.02	0.1	0.0	0.0	20	0.026	0.001	20	0.016	0.001	0.0	0.003	0.00

Niveles de arsénico (As) en diferentes partes del ecosistema del Fundo “Pampachacra - Tiarapo”.

Suelo: Según ECA (Estándares de Calidad Ambiental) son de 50 mg/kg. Las muestras tomadas en dos profundidades diferentes (0.0-0.30 cm y 0.30-0.60 cm) muestran niveles de arsénico que varían entre 0.01 y 0.02 mg/kg, lo cual está muy por debajo del límite permissible.

Agua: El nivel permissible de arsénico en el agua según ECA es de 0.1 mg/kg. Las dos muestras tomadas muestran un nivel de arsénico de 0 mg/kg, lo cual está dentro del límite permissible.

Raíces: El nivel permissible de arsénico en las raíces según ECA es de 20 mg/kg. Las dos muestras tomadas muestran niveles de arsénico que varían entre 0.026 y 0.001 mg/kg, lo cual está muy por debajo del límite permissible.

Hojas: El nivel permissible de arsénico en las hojas según ECA es de 20 mg/kg. Las dos muestras tomadas muestran niveles de arsénico que varían entre 0.016 y 0.001 mg/kg, lo cual está muy por debajo del límite permissible.

Frutos: El límite máximo permissible de arsénico en los frutos según la Unión Europea es de 0.0 mg/kg. Las dos muestras tomadas muestran niveles de arsénico que varían entre 0.003 y 0.00 mg/kg, lo cual está dentro del límite permissible.

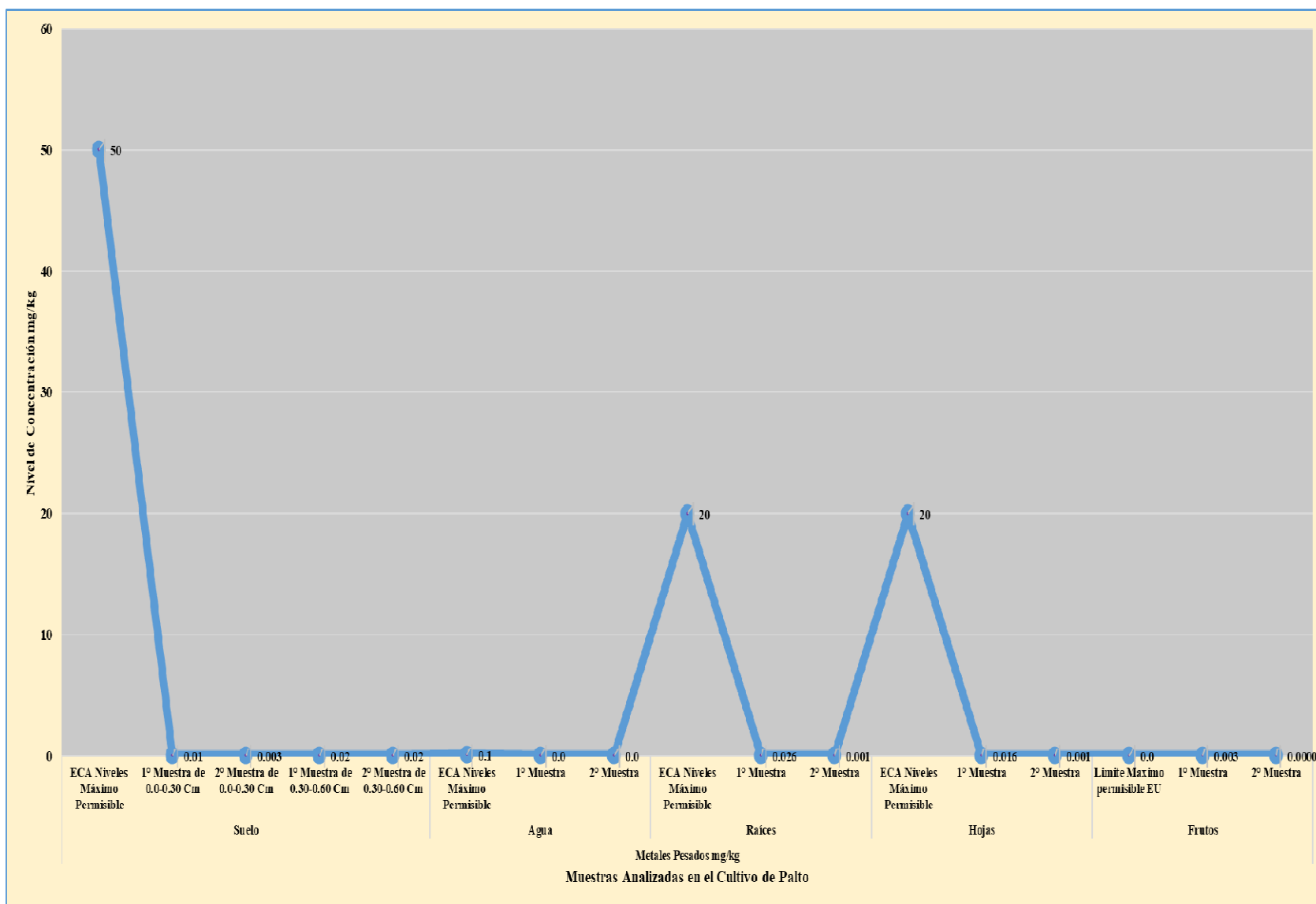


Fig. 14: Análisis de resultados obtenidos del metal pesado: Arsénico Total (As).

Tabla 12

Comparativo de niveles de concentración de Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en el suelo y fruto del cultivo de Palto.

Parámetros	Metales Pesados mg/kg							
	Suelo				Frutos			
Fundo "Pampachacra - Ticrapo"	ECA Niveles Máximo Permissible	1° Muestra de 0.0-0.30 Cm	2° Muestra de 0.0-0.30 Cm	1° Muestra de 0.30-0.60 Cm	2° Muestra de 0.30-0.60 Cm	Límite Máximo permissible EU	1° Muestra	2° Muestra
Plomo (Pb) Total	70	44.88	32.86	59.23	27.2	0.1	0.388	<LC
Cadmio (Cd) Total	1.4	1.31	1.43	2.02	1.41	0.02	0.009	0.008
Cromo (Cr) Total	100.0	12.02	8.76	8.74	8.69	0.00	<LC	<LC
Mercurio (Hg) Total	6.6	0.02	0.071	0.03	0.06	0.1	0.004	<LC
Arsénico (As) Total	50	0.01	0.003	0.02	0.02	0.0	0.003	<LC

Niveles de metales pesados (Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico) en diferentes partes del ecosistema del Fundo "Pampachacra - Ticrapo".

Plomo (Pb): Los niveles permisibles de plomo en el suelo según ECA son de 70 mg/kg. Las muestras tomadas en dos profundidades diferentes muestran niveles de plomo que varían entre 27.2 y 59.23 mg/kg, lo cual está por debajo del límite permisible. En los frutos, el límite máximo permisible de plomo según la Unión Europea es de 0.1 mg/kg. Las muestras tomadas muestran un nivel de plomo de 0.388 mg/kg, lo cual está por encima del límite permisible.

Cadmio (Cd): Los niveles permisibles de cadmio en el suelo según ECA son de 1.4 mg/kg. Las muestras tomadas en dos profundidades diferentes muestran niveles de cadmio que varían entre 1.31 y 2.02 mg/kg, lo cual está dentro del límite permisible. En los frutos, el límite máximo permisible de cadmio según la Unión Europea es de 0.02 mg/kg. Las muestras tomadas muestran niveles de cadmio que varían entre 0.008 y 0.009 mg/kg, lo cual está por debajo del límite permisible.

Cromo (Cr): Los niveles permisibles de cromo en el suelo según ECA son de 100.0 mg/kg. Las muestras tomadas en dos profundidades diferentes muestran niveles de cromo que varían entre 8.69 y 12.02 mg/kg, lo cual está por debajo del límite permisible. En los frutos, el límite máximo permisible de cromo según el Codex Alimentarius, la Unión Europea y los Estados Unidos, esta

como No especificado, pero como Norma general se le considera al Cromo total un valor de: 0,1 mg/kg. Las muestras tomadas muestran un nivel de cromo por debajo del límite de cuantificación (<LC), lo cual está dentro del límite permisible. La evaluación del riesgo de contaminación por cromo en frutas debe realizarse considerando un análisis completo de la fruta, incluyendo la biodisponibilidad del metal.

Mercurio (Hg): Los niveles permisibles de mercurio en el suelo según ECA son de 6.6 mg/kg. Las muestras tomadas en dos profundidades diferentes muestran niveles de mercurio que varían entre 0.02 y 0.071 mg/kg, lo cual está por debajo del límite permisible. En los frutos, el límite máximo permisible de mercurio según la Unión Europea es de 0.1 mg/kg. Las muestras tomadas muestran un nivel de mercurio por debajo del límite de cuantificación (<LC), lo cual está dentro del límite permisible.

Arsénico (As): Los niveles permisibles de arsénico en el suelo según ECA son de 50 mg/kg. Las muestras tomadas en dos profundidades diferentes muestran niveles de arsénico que varían entre 0.01 y 0.02 mg/kg, lo cual está por debajo del límite permisible. En los frutos, el límite máximo permisible de arsénico según la Unión Europea es de 0.0 mg/kg. Las muestras tomadas muestran un nivel de arsénico por debajo del límite de cuantificación (<LC), lo cual está dentro del límite permisible.

En resumen, todas las muestras tomadas en este fundo muestran niveles de metales pesados que están dentro de los límites permisibles, excepto para el plomo en los frutos y el cromo en el suelo, que están por encima de los límites permisibles.

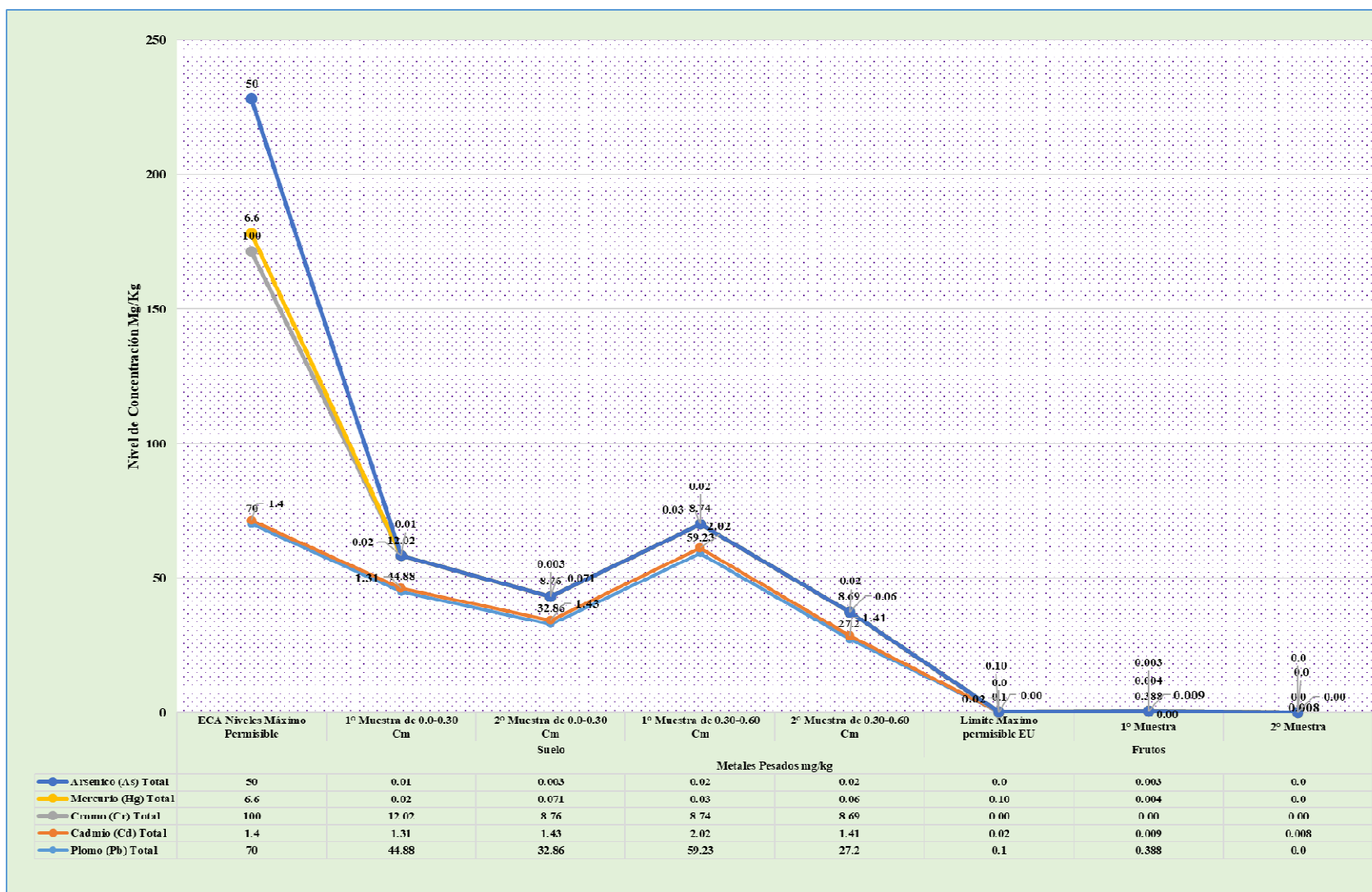


Fig. 15: Comparativo de niveles de concentración de Metales Pesados Plomo, Cadmio, Cromo, Mercurio y Arsénico en el suelo y fruto del Cultivo de Palto.

3.1.6 Interpretación de Resultados

Suelo:

✓ **Análisis de 0.0 – 0.30 Cm.**

Los análisis realizados a la profundidad de 0.0 – 0.30 cm, indican la presencia de contaminantes químicos en las muestras, siendo los valores los siguientes: Primer análisis, Plomo Total (Pb) 44.88 mg/kg; Cadmio Total (Cd) 1.31 mg/kg, Cromo (Cr) 12.02 mg/kg, Mercurio Total (Hg) 0.02 mg/kg y Arsénico Total (As) 0.01 mg/kg, en este se puede apreciar que los límites máximos permisibles establecidos por la normativa ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, y los normas internacionales no superan el límite máximo permisible, pero si hay contaminación en todas las muestras.

En el segundo análisis realizado se aprecia los siguientes resultados: Plomo Total (Pb) 32.86 mg/kg; Cadmio Total (Cd) 1.43 mg/k, Cromo (Cr) 8.76 mg/kg, Mercurio Total (Hg) 0.071 mg/kg y Arsénico Total (As) 0.003 mg/kg, los resultados se puede apreciar que el Cadmio Total (Cd) supera el límite máximo permisible por la normativa ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, el cual indica que su concentración máxima no debe superar el valor de 1.4 mg/kg. Lo que nos muestra que el suelo en el segundo analisis después del periodo vegetativo, acumula más cadmio contaminándose el suelo con este metal.

✓ **Análisis de 0.30 – 0.60 Cm.**

Los análisis realizados en profundidad de 0.30 – 0.60 cm, indican la presencia de contaminantes químicos en las muestras siendo estas las siguientes: Primer análisis Plomo Total (Pb) 59.23 mg/kg; Cadmio Total (Cd) 2.02 mg/kg, Cromo (Cr) 8.74 mg/kg, Mercurio Total (Hg) 0.03 mg/kg y Arsénico Total (As) 0.02 mg/kg, en los resultados se puede apreciar una mayor concentración de Cadmio Total el cual supera los límites máximos permisibles establecidos por la normativa ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, el cual indica que su concentración no debe superar para Cadmio Total el valor de 1.4 mg/kg. Supera ampliamente la normativa.

En el segundo análisis realizado se aprecia los siguientes resultados: Plomo Total (Pb) 27.2 mg/kg; Cadmio Total (Cd) 1.41 mg/kg, Cromo (Cr) 8.69 mg/kg, Mercurio Total (Hg) 0.06 mg/kg y Arsénico Total (As) 0.02 mg/kg, en este segundo los resultados se puede apreciar que el Cadmio Total (Cd) baja su nivel de concentración, pero supera el límite máximo permisible por la normativa ECA del

Ministerio del Ambiente MINAN 2017, el cual indica que su concentración máxima no debe superar Cadmio Total (Cd) el valor de 1.4 mg/kg lo que no indica que el suelo está contaminado en el nivel de 0.30 a 0.60 cm. La mayor concentración de cadmio en el nivel de muestreo del suelo de 0.30 a 0.60 cm en la zona de Ticrapo, en la Región Huancavelica, en el cultivo de palto variedad Hass, podría deberse a varios factores: como las actividades antropogénicas, en especial la minería y la agricultura, pueden contribuir a la acumulación de cadmio en el suelo. En particular, el uso de fertilizantes puede aumentar la concentración de cadmio.

También, el cadmio puede ser liberado y retenido por las capas de arcillas de filosilicatos (cationes de cambio) en el suelo. Además, la interacción del cadmio con otros componentes del suelo puede afectar su biodisponibilidad y, por lo tanto, su concentración en ciertas profundidades.

Agua

Los análisis de agua realizados en ambas muestras, al inicio y al final del periodo vegetativo fue de <LC, es decir menor valor al límite de cuantificación no hay presencia de los metales pesados en el agua de riego, según el ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, indica que su concentración máxima es la siguiente Plomo Total (Pb) 0.05 mg/l, Cadmio Total (Cd) 0.01 mg/l, Cromo Total (Cr) 0.1 mg/l, Mercurio Total (Hg) 0.001 mg/l y Arsénico Total (As) 0.1 mg/l. Lo que indica que el agua del río que se utiliza para el riego del cultivo de palto no está contaminado con los metales pesados en estudio, no encontrando ni trazas de estos metales, tal como se indica en los análisis los valores encontrados para el Plomo Total (Pb) es < Lc mg / L Cadmio Total (Cd) < Lc mg / L, el Cromo Total (Cr) < Lc mg / L, el Mercurio Total (Hg) < Lc mg / L y el Arsénico Total (As) < Lc mg / L.

Raíz

En el primer análisis realizados arroja los siguientes resultados Plomo Total (Pb) 2.638 mg/kg, Cadmio Total (Cd) 0.213 mg/kg, Cromo Total (Cr) 4.113 mg/kg, Mercurio Total (Hg) 0.015 mg/kg y Arsénico Total (As) 0.026 mg/kg respectivamente.

En el segundo análisis indican Plomo Total (Pb) 2.88 mg/kg, Cadmio Total (Cd) 0.55 mg/kg, Cromo Total (Cr) 4.15 mg/kg, Mercurio Total (Hg) 0.003 mg/kg y Arsénico Total (As) 0.001 mg/kg respectivamente.

Ambos resultados no exceden los límites máximos permisibles, según las normas internacionales del Codex Alimentarius y la Unión Europea, indica que su

concentración máxima es la siguiente Plomo Total (Pb) 20 mg/kg, Cadmio Total (Cd) 20 mg/kg, Cromo Total (Cr) 20 mg/kg, Mercurio Total (Hg) 20 mg/kg y Arsénico Total (As) 20 mg/kg respectivamente, valor tomado de los residuos de cosecha, debido a que como no es órgano de consumo no tiene un valor permisible específico.

Foliar

Los análisis realizados en las hojas del cultivo de palto nos dio un resultado para el primer análisis de los siguientes valores Plomo Total (Pb) 3.838 mg/kg, Cadmio Total (Cd) 0.475 mg/kg, Cromo Total (Cr) 1.713 mg/kg, Mercurio Total (Hg) 0.016 mg/kg y Arsénico Total (As) 0.016 mg/kg.

En el segundo análisis indican Plomo Total (Pb) 1.82 mg/kg, Cadmio Total (Cd) 0.59 mg/kg, Cromo Total (Cr) 3.48 mg/kg, Mercurio Total (Hg) 0.001 mg/kg y Arsénico Total (As) 0.00mg/kg.

Al igual que en las raíces, no hay valor específico para las hojas del palto, debido a que no es el órgano de consumo, tomándose el valor de los residuos de cosecha. En ambos resultados no exceden los límites máximos permisibles, según las normativas internacionales, el cual le da un valor de 20 mg/kg. Siendo teóricamente su concentración máxima para Plomo Total (Pb) 20 mg/kg, Cadmio Total (Cd) 20 mg/kg, Cromo Total (Cr) 20 mg/kg, Mercurio Total (Hg) 20 mg/kg y Arsénico Total (As) 20 mg/kg.

Fruto (paltas)

Analizar las paltas y otros alimentos para conocer el contenido de metales pesados es importante para mantener la salud humana, ya que algunos metales pesados, como el plomo, el cadmio, cromo, mercurio y arsénico, son tóxicos y pueden ser perjudiciales para la salud humana, debido a que el consumo es mayormente en estado fresco y es crucial realizar análisis regulares de metales pesados en alimentos como las paltas para garantizar su seguridad y cumplir con las normativas alimentarias. Además, estos análisis pueden ayudar a identificar y abordar las fuentes de contaminación ambiental e iniciar su remediación.

El primer análisis realizado nos muestra los siguientes resultados, para el Plomo Total (Pb) 0.388 mg/kg, Cadmio Total (Cd) 0.009 mg/kg, Cromo Total (Cr) <LC mg/Kg, Mercurio Total (Hg) 0.004 mg/kg y Arsénico Total (As) 0.003 mg/kg.

En el segundo análisis indican Plomo Total (Pb) <LC mg/Kg, Cadmio Total (Cd) 0.008 mg/kg, Cromo Total (Cr) <LC mg/kg, Mercurio Total (Hg) <LC mg/kg y Arsénico Total (As) <LC mg/kg.

En el primer análisis el plomo supera el límite máximo permisible, según Los Límites Máximos Permisibles de la Unión Europea, indica que su concentración máxima para el Plomo Total (Pb) es de 0.1 mg/kg, para el Cadmio Total (Cd) el valor de 0.05 mg/kg, Cromo Total (Cr) <LC mg/kg, Mercurio Total (Hg) 0.1 mg/kg y Arsénico Total (As) 0.10 mg/kg respectivamente. Según el análisis la primera muestra de fruto, supera el límite máximo permisible de Cadmio casi 4 veces más del límite máximo permisible que es de 0.1 mg/kg.

Los metales pesados, aunque necesarios para ciertas funciones celulares, pueden ser perjudiciales en altas concentraciones. Metales como el mercurio, plomo, cromo, arsénico, cadmio y uranio son tóxicos y pueden causar daños graves, como la interrupción de la división celular, la ruptura de las membranas celulares, la inhibición del crecimiento y la alteración de la estructura y función de las proteínas. Estos metales también pueden afectar la actividad enzimática antioxidante en las plantas y la supervivencia y las tasas de crecimiento de los peces.

La existencia de metales pesados en nuestro entorno y en los alimentos que consumimos puede provocar una variedad de envenenamientos que resultan en daños irreversibles a la salud de humanos y animales. Estos daños pueden ser tan severos como causar anomalías congénitas, cáncer y hasta la muerte. La intoxicación por metales pesados puede llevar a daños en los órganos, alteraciones en el comportamiento y problemas con el pensamiento y la memoria. Los síntomas específicos de la intoxicación por metales pesados variarán dependiendo del tipo de metal involucrado, la cantidad presente en el cuerpo y la edad del individuo.

La contaminación por metales pesados ha aumentado debido a la alta actividad humana y al uso excesivo de compuestos químicos en la agricultura, lo que ha llevado a un incremento significativo de la contaminación en los ambientes marinos y terrestres. Los metales más destacados por su alta toxicidad son el mercurio, el cadmio, el plomo y el cromo.

IV. DISCUSIÓN

4.1. Discusión de resultados

4.1.1 Análisis de Suelo

a) Análisis físico mecánico

Para determinar el perfil textural del suelo se procedieron a muestrear dos sectores del campo de cultivo, con profundidad de 0.00 – 0.30 cm y 0.30 – 0.60 cm tomándose 4 cuatro muestras en total dando como resultado los siguientes:

Nivel de 0.00 – 0.30 cm

- ✓ **Muestra 1:** El análisis (Tabla 1), del suelo agrícola de profundidad 0.00 – 0.30 cm del Fundo “Pampachacra - Ticrapo” muestra un terreno de textura Franco, según reporte de Laboratorio Valle Grande -N° 945-01S-2023, en anexos.
- ✓ **Muestra 2:** El análisis (Tabla 2), del suelo agrícola de profundidad 0.30 – 0.60 cm del Fundo “Pampachacra - Ticrapo” muestra un terreno de textura franco arcilloso - arenosa. Laboratorio Valle Grande -Análisis N° 945-02S-2023, con resultado textural

Segundo muestres de los Niveles de 0.00 a 0.30 cm y de 0.30 – 0.60 cm

- ✓ **Muestra 3:** El análisis (Tabla 7), del suelo agrícola del Fundo “Pampachacra - Ticrapo” muestra un terreno de textura franco arcilloso, con reporte de Laboratorio Valle Grande - N° 1236-01S -2023, en anexos.
- ✓ **Franco – Arcilloso**, en anexos.
- ✓ **Muestra 4:** El análisis (Tabla 8), del suelo agrícola del Fundo “Pampachacra - Ticrapo” muestra un terreno de textura franco arcilloso - arenosa. Laboratorio Valle Grande -Análisis N° 1236-02S -2023, con resultado textural, en anexos.

b) Análisis químico del suelo

0.00 – 0.30 cm

- ✓ **Muestra 1:** Con reporte de Laboratorio Valle Grande -N° 945-01S-2023, el análisis químico del suelo de 0.00 a 0.30 cm. (Tabla 3) tiene un contenido de Carbonato de Calcio Total de 1.05% siendo este muy bajo, una Conductividad Eléctrica (E.S) a 25°C dS/m de 1.35 dS/m considerada como una reacción No salina, presenta un pH de 7.82 considerado medianamente básico. El contenido de fosforo disponible es de 6.04 ppm considerado como bajo, con un contenido normal de materia orgánica con 2.34% y también el Nitrógeno Total muestra un contenido normal con 0.14%, el contenido de potasio disponible es adecuado con 254.40 ppm. En cuanto a los Cationes Cambiables, el calcio es normal con 13.92 mEq/100g, el magnesio se encontró en 3.72 mEq/100g, considerado alto, en cuanto al sodio este tenía un valor

de 0.32 mEq/100g considerado bajo. En relación al Potasio es de 0.65 mEq/100g considerado normal.

En relación al contenido de porcentaje de Sodio intercambiable; P.S.I se encontró en 1.73%, considerado como un suelo no salino.

El C.I.C., Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo, el valor fue de 18.61 mEq/100g considerado medio, este valor indica el potencial de un suelo para retener e intercambiar nutrientes.

Los Micronutrientes disponibles, se encontraron en los análisis de la siguiente manera: El cobre se encontro en 2.37 ppm, con valor de interpretación adecuado, el zinc, tuvo un valor de 0.81 ppm siendo su valor bajo, el manganeso se encontro en 31.54 considerado en exceso, el hierro se encontro en 26.87 ppm considerado tambien en exceso y el boro tuvo un valor de 1.56 ppm considerado adecuado.

Muestra 2: Con reporte de Laboratorio Valle Grande - 945-02S -2023, El análisis químico (Tabla 4) tiene un contenido de Carbonato de Calcio Total de 20.83% siendo este normal, una Conductividad Eléctrica (E.S) a 25°C dS/m de 1.25 dS/m considerada como una reacción no salina, presenta un pH de 8.08 considerado moderadamente básico.

El contenido de fosforo disponible es de 3.44 ppm considerado como bajo, con un contenido muy bajo de materia orgánica cuyo valor fue de 0.69% y también el Nitrógeno Total muestra un contenido muy bajo con un contenido de 0.04%, respectivamente y el potasio disponible estuvo en 108.20 ppm considerado como bajo

En cuanto a los Cationes Cambiables, el calcio es alto con 15.37 mEq/100g, el magnesio se encontró en 2.46 mEq/100g, considerado normal, en cuanto al sodio este tenía un valor de 0.35 mEq/100g considerado bajo. En relación al Potasio estuvo en 0.28 mEq/100g considerado muy bajo.

En relación al contenido de Porcentaje de Sodio intercambiable; P.S.I este se encontró con un valor de 1.90%, considerado como un suelo no salino.

Con referencia a la C.I.C.E., Capacidad de Intercambio Catiónico efectiva, el valor encontrado fue de 18.46 mEq/100g considerado medio, el potencial de un suelo para retener e intercambiar nutrientes, es indicado con los valores que se encuentran.

En relación a los análisis de los Micronutrientes disponibles los valores encontrados fueron: El cobre tuvo un valor de 1.27 ppm, considerado como adecuado, el zinc tuvo un valor de 0.39 ppm considerado bajo, el cuándo al manganeso se encontro en 13,56

ppm considerado muy alto, el hierro tuvo un valor de 12,25 ppm considerado en exceso y el boro se encontro en 1.32 ppm con un valor considerado adecuado.

4.1.2 Información meteorológica - mensual

Con respecto al clima, las temperaturas óptimas para el buen desarrollo del palto deben estar en; 20 °C a 25 °C durante el día y 10 °C en la noche, se presenta una exitosa fecundación y una buena cuaja. [10].

En relación a la temperatura registrada en los meses del ensayo, se tuvo una maxima de 31.8°C, en el mes de febrero, teniendo una temperatura media de 18°C en junio y julio y una mínima de 12.0°C en el mes de julio. Se tuvo que manejar los riegos en los meses de mayor temperatura de octubre a febrero.

El mes con mayor número de horas de sol fue en el mes de agosto con 284.0 horas diarias de sol; mientras que, en los meses de noviembre y diciembre se tuvo menos horas de sol con valores de 216.0 y 164.0 horas sol, debido a las nubosidades de la temporada.

La humedad relativa, se mantuvo más o menos homogénea durante el ciclo del cultivo, empezando con 74.0% en el mes de junio y con 67.0% de humedad relativa en el mes de enero, en que se dio inicio a la cosecha.

La velocidad del viento, estuvo con mas velocidad el mes de agosto con 2.8 m/s y la menor velocidad del viento fue en el mes de enero con 2.0 m/s no afectando al cultivo.

Con respecto al clima, según SENAMHI. En la sierra centro se presentó temperaturas máximas y mínimas promedio de 20.6°C y 8.3°C, respectivamente. Asimismo, las condiciones térmicas diurnas (+0.6 °C) y nocturnas (0.9 °C) estuvieron dentro de sus normales; estas condiciones no afectaron el estado fenológico de fructificación del palto variedad fuerte. El índice de humedad que se presentó fue de deficiencia extrema y como las plantaciones se encuentran en valles interandinos, estas condiciones tampoco afectarían la floración y fructificación del palto.

4.1.3 Análisis químico del agua de riego

El informe muestra los resultados de la prueba para cinco metales pesados: Plomo Total (Pb), Cadmio Total (Cd), Cromo Total (Cr), Mercurio Total (Hg) y Arsénico Total (As). Todos los resultados se expresan en miligramos por litro (mg/L).

Según el informe, todos los metales pesados analizados están por debajo del límite de cuantificación (LC), lo que significa que las concentraciones de estos metales en la

muestra de agua son tan bajas que no se pueden medir con precisión utilizando los métodos de análisis especificados.

4.1.4 Análisis químico del Suelo Agrícola en los dos niveles del cultivo de palto, variedad Hass.

Análisis de suelo del nivel 0.00 – 0.30 cm

Muestra 1: Con reporte de Laboratorio Valle Grande N° 1236-01S-2023, el análisis químico del suelo de 0.00 a 0.30 cm. (Tabla 7) tiene un contenido de Carbonato de Calcio Total de 2.46 % siendo este bajo, una Conductividad Eléctrica (E.S) a 25°C dS/m de 1.08 dS/m considerada como una reacción no salina. Un pH de 7.63 considerado medianamente básico.

El contenido de fósforo disponible es de 37.74 ppm considerado como alto, con un contenido muy alto de materia orgánica de 4.48 %, el Nitrógeno Total muestra un contenido muy alto con un valor de 0.26%, el contenido de potasio disponible no se detalló en el análisis.

En cuanto a los Cationes Cambiables, el calcio es muy alto con 20.33 mEq/100g, el magnesio se encontró en 4.46 mEq/100g, considerado muy alto, en cuanto al sodio mEq/100g este tuvo un valor de 0.40 considerado bajo. En relación al Potasio el valor fue de 1.16 mEq/100g considerado alto.

En relación al contenido de porcentaje de Sodio intercambiable; P.S.I se encontró en 1.53%, considerado como un suelo No salino. Con referencia a la C.I.C., Capacidad de Intercambio Catiónico, el valor fue de 26.35 mEq/100g considerado alto, este valor nos indica el potencial de un suelo para retener e intercambiar nutrientes.

En relación a los micronutrientes disponibles, el cobre se encontró con un valor de 1.63 ppm siendo su valor bajo, el zinc, su valor fue de 1.40 ppm considerado como adecuado, el manganeso el valor hallado fue de 14.02 ppm considerado muy alto, en cuanto al hierro se le encontró con un valor de 14.61 ppm considerado muy alto, y el boro tuvo un valor de 3.32 siendo este muy alto.

Muestra 2: Con reporte de Laboratorio Valle Grande - 1236-02S -2023, el análisis químico del suelo de 0.30 a 0.60 cm. (Tabla 8) tiene un contenido de Carbonato de Calcio Total de 5.34 % siendo este considerado bajo, una Conductividad Eléctrica (E.S) a 25°C dS/m de 0.81 dS/m considerada como una reacción no salina, presenta un pH de 7.83 considerado moderadamente básico.

El contenido de fósforo disponible es de 6.86 ppm considerado como bajo, con un contenido de materia orgánica de 1.17% siendo su interpretación como bajo y

también el Nitrógeno Total muestra un contenido bajo con un contenido de 0.07%. El potasio disponible no fue reportado por el laboratorio.

En cuanto a los Cationes Cambiables, el calcio es normal con 11.77 mEq/100g, considerado normal, el magnesio se encontró en 3.76 mEq/100g considerado alto, en cuanto al sodio mEq/100g este tenía un valor de 0.46 considerado bajo. En relación al Potasio su valor fue de 0.58 mEq/100g considerado bajo.

En relación al contenido de porcentaje de Sodio intercambiable; P.S.I se encontró en 2.77%, considerado como un suelo no salino.

Con referencia a la C.I.C., Capacidad de Intercambio Catiónico, el valor fue de 16.57 mEq/100g considerado medio, este valor nos indica el potencial de un suelo para retener e intercambiar nutrientes.

En relación a los micronutrientes disponibles, el cobre se encontro con un valor de 1.24 ppm siendo su valor bajo, el zinc, su valor fue de 0.28 ppm considerado como bajo, el manganeso el valor hallado fue de 13.23 ppm considerado muy alto, en cuanto al hierro se le encontro con un valor de 8.65 ppm considerado muy alto, y el boro tuvo un valor de 2.68 siendo su valor muy alto.

4.1.5 Análisis del Suelo Agrícola y frutos- paltas variedad Hass

Análisis de Metales Pesados, Pb, Cd, Cr, Hg y As en Suelo Agrícola

Según los resultados del Análisis del Suelo Agrícola del Fundo “Pampachacra - Ticrapo”, departamento de Huancavelica, sobre Metales Pesados con Código de Muestra: 945-01S- 2023, 945-02S-2023, 1236-01S-2024 y 1236-02S-2024. Registrada en el Instituto Rural Valle Grande de Cañete, indican que la muestra de suelo agrícola del campo de palto, presenta niveles de contaminantes químicos Los análisis realizados a la profundidad de 0.0 – 0.30 cm, indican la presencia de contaminantes químicos en las muestras, no superan los límites máximos permisibles establecidos por la normativa ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, y las normas internacionales, pero si hay contaminación en todas las muestras.

En el segundo análisis realizado se aprecia que el Cadmio Total (Cd) supera el límite máximo permisible de 1.4 mg/kg a 1.43 mg/kg, se puede apreciar que el Cadmio Total (Cd) supera el límite máximo permisible por la normativa ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017. Los análisis realizados en profundidad de 0.30 – 0.60 cm, indican la presencia de contaminación por Cadmio Total (Cd) con un valor de 2.02 mg/kg, siendo la norma 1.4 mg/kg, notandose que supera ampliamente las normativas ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017.

En el segundo análisis realizado el Cadmio Total (Cd) tuvo un valor de 1.41 mg/kg, su nivel de concentración, supera el límite máximo permisible por la normativa ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, el cual indica que su concentración máxima no debe superar el valor de 1.4 mg/kg lo que no indica que el suelo está contaminado en el nivel de 0.30 a 0.60 cm.

Análisis de Metales Pesados, - palto variedad Hass en agua de Riego.

Según los resultados del Análisis del Suelo Agrícola del Fundo “Pampachacra - Ticrapo”, departamento de Huancavelica, sobre Metales Pesados con Código de Muestra: 945-01A- 2023, 1236-01A-2024. Registrada en el Instituto Rural Valle Grande de Cañete, indican que la muestra de agua de riego agrícola, no presenta contaminantes según los reportes estos indican que se encuentran por debajo del límite cuantificable (<LC) ni superan los Límites Máximos Permisibles de la Norma ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, de la Norma FAO y la Organización Mundial de la salud.

Análisis de Metales Pesados, en raíces de cultivo de Palto, variedad Hass.

Según los resultados del Análisis de las raíces sobre Metales Pesados con N.º de Análisis: 945-01F-2023 y 1236-01F-2024, Registrada en: Laboratorio del Instituto Rural Valle grande, se llega a la conclusión que la muestra de hojas de palto, presenta presencia de Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Mercurio (Hg) y Arsénico (As), pero estos niveles se encuentran por debajo los Límites Máximos Permisibles de la Norma ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, de la Norma FAO y la Organización Mundial de la salud.

Análisis de Metales Pesados en las hojas del palto, variedad Hass

Según los resultados del Análisis sobre Metales Pesados en hojas, reportes con Código de Muestra: 945-02F-2023 y 1236-02F -2024, Registrada en el Instituto Rural Valle Grande de Cañete, presentan trazas de Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Mercurio (Hg) y Arsénico (As), pero estas no alcanzan los niveles de contaminación según los Límites Máximos Permisibles de la Norma ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, de la Norma FAO y la Organización Mundial de la salud.

Análisis de Metales Pesados, en los frutos/paltas

Los resultados de Análisis de la fruta (palta), con Código de Muestra: 945-01FRUT-2023 y 1236FRUT-2024, Registrada en el Instituto Rural Valle Grande de Cañete, se puede apreciar que la muestra de paltas en el primer análisis el Plomo Total (Pb)

0.388 mg/kg, según los Límites Máximos Permisibles de la Unión Europea, indica que la concentración del Plomo Total (Pb) es de 0.1 mg/kg, el primera muestra analisis del fruto, supera el límite máximo permisible de Cadmio casi 4 veces más del límite máximo permisible que es de 0.1 mg/kg. presenta trazas por contaminación por Plomo (Pb) y para el Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Mercurio (Hg) y Arsénico (As), estas se encuentran por debajo de los Límites Máximos permisibles por la Unión Europea, pero están con trazas de los metales pesados en estudio.

En cuanto al cadmio, si bien es cierto no supera el límite máximo permisible de la norma que es 0.05 mg/kg, este se encuentra con un valor de 0.009 y 0.008 mg/kg es decir tiene los valores por debajo del límite permitido por mercado de destino.

4.2. Contratación de Hipótesis

4.2.1. Contratación de la Hipótesis General

Realizado el estudio sobre “Determinar el nivel de concentración de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb) en el suelo, agua y en el cultivo de palto en la zona de Ticrapo – Huancavelica”, se ha considerado si las plantaciones de Palto (*Persea americana* Miller), variedad Hass, podrían estar contaminadas por metales pesados como, As, Cd, Hg y Pb, en la zona de Ticrapo – Huancavelica. La contrastación es el proceso a través del cual comparamos distintas fuentes que proveen perspectivas y argumentos diversos, para verificar y comprobar la validez de la información con base en la definición de criterios específicos, bajo este argumento podemos decir que el suelo, presenta contaminación por el metal pesado Cadmio y el plomo, cromo, arsénico y mercurio presentan trazas. El Cadmio presento valores de 1.31 mg/kg, en el nivel 0.30 a 0.60 cm presento un valor de 2.02 mg/kg, supera ampliamente las normas, la cual es de 1,4 mg/kg. las otras dos muestras presentaron valores de 1.430 mg/kg. y 1.410 mg/kg. supera el límite máximo permisible, lo que nos indica que hay una transferencia del suelo a la planta y a los frutos (paltas).

El análisis de las frutas presenta contaminación por Plomo (P), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Mercurio (Hg) y Arsénico (As), el nivel encontrado en el plomo fue de 44.88 mg/kg, 32.86 en niveles de 0.00 -0.30 cm y 59.23mg/kg y 27.2 mg/kg en el nivel 0.30 – 0.60 cm de profundidad, para cadmio de 1.31 mg/kg, y 1.43 mg/kg en nivel de profundidad 0.00-0.30cm, 2.02 mg/kg y 1.41 mg/kg para el nivel de profundidad de 0.30 – 0.60cm, para el Cromo (Cr) de 12.02 mg/kg y 8.76 mg/kg en nivel de profundidad 0.00-0.30cm y 8.74 mg/kg, 8.69mg/kg para el nivel de profundidad de 0.30 – 0.60cm, Mercurio (Hg) de 0.02 mg/kg, y 0.071 mg/kg en nivel de profundidad 0.00-

0.30cm y 0.03mg/kg y 0.06mg/kg para el nivel de profundidad de 0.30 – 0.60cm, por ultimo Arsénico (As) presenta 0.01mg/kg, y 0.003 mg/kg en nivel de profundidad 0.00-0.30cm y 0.02 mg/kg, 0.02 mg/kg, para el nivel de profundidad de 0.30 – 0.60cm, respectivamente.

Madueño. [13]. Analiza el contenido de metales pesados como plomo, cadmio, arsénico y mercurio en el agua, el suelo y las partes comestibles de los vegetales analizados. Se descubrió que las concentraciones de Cd y los contaminantes en el suelo, la lechuga, el apio y el Pb en los cuatro vegetales analizados excedían las concentraciones máximas permitidas por la Unión Europea. Finalmente, la lechuga acumula más metales pesados que otras plantas.

Flores. [14]. Dice que los metales pesados se concentran en las capas superficiales del suelo y las concentraciones más altas se observan durante la fase de riego. De manera similar, las concentraciones de Cd, Pb, Cu y Zn en el suelo se absorben en la fracción orgánica del suelo a medida que la concentración disminuye con una baja proporción de materia orgánica y diferentes concentraciones de CaCO₃ en las capas del suelo. Esto confirma lo dicho en la hipótesis general.

4.2.2 Contratación de la Hipótesis Específica

Se considero en el ensayo, que el suelo y el agua de riego donde están instaladas las plantas de palto, en La zona de Ticrapo – Huancavelica pueden alcanzar los niveles de contaminación por metales pesados que exceden los Límites Máximos Permisibles según el Codex Alimentarius la Norma Peruana. Asi mismo, los órganos del cultivo de palto, como las hojas, raices y frutos pueden alcanzar los niveles de contaminación por metales pesados que exceden los Límites Máximos Permisibles según el Codex Alimentarius y la Norma Peruana. Al evaluar las concentraciones de metales pesados en el cultivo de Palto, se encontro contaminación por cadmio, y los otros metales pesados en estudio, presentaron trazas, hay que tener en cuenta que las raíces generalmente absorben los nutrimentos de la solución del suelo, por lo que también absorben los metales pesados solubles en el agua y los transfieren a las hojas y a la fruta.

Garcilazo [15]. En el análisis del suelo agrícola, se encontró contaminación por cadmio en las 7 parcelas evaluadas. Los valores oscilaron entre 1,882 y 3,830 mg/kg, superando el límite máximo permitido de 1,4 mg/kg establecido por la Norma ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017, la FAO y la Organización Mundial de la Salud. En el análisis del follaje o hojas modificadas, las muestras no mostraron niveles de contaminación por cadmio. Al analizar los turiones de espárrago al inicio de la cosecha,

el cadmio en 2 parcelas tuvo valores de 0,0727 y 0,0875 mg/kg, indicando la presencia de trazas de cadmio. Sin embargo, en 5 parcelas, los niveles de concentración superaron ampliamente la norma con valores entre 0,1183 y 0,200 mg/kg, lo que indica contaminación de los turiones. Al analizar el agua de riego subterránea, mostró trazas de cadmio, aunque no superó el límite de 0,01 mg/L, por lo que no se considera contaminada por cadmio. El ensayo reveló una preocupante presencia de cadmio en el suelo y en los turiones de espárrago, lo que podría tener implicaciones significativas para la salud humana y el cumplimiento de las regulaciones internacionales. Es necesario tomar medidas para abordar esta contaminación.

Gutiérrez. [16]. Manifiestan que, en la zona metropolitana de Guadalajara la contaminación del aire contribuye significativamente a la acumulación de metales pesados en las hojas y frutos de *Psidium guajava* y *Psidium dulce*.

Panduro et. al. [17]. En el proceso de crecimiento del camu camu (*Myrciaria dubia* HBK), nota un incremento en la formación de materia seca total conforme progresaban las etapas fenológicas, con una redistribución desde las hojas a los frutos durante la etapa de fructificación. Hay una correlación significativa entre la absorción de nutrientes y las etapas fenológicas, siguiendo la secuencia: N > Ca > K > Mg > P > S > Mn > Fe > B > Zn > Cu. La etapa de maduración del fruto mostró la mayor absorción de nutrientes, a excepción del Mn, que se absorbió más durante la etapa de llenado del fruto. La absorción total de metales pesados siguió la secuencia: Pb > Cr > Cd, excediendo los límites máximos permitidos.

El rendimiento de frutos logrado fue de 8422.01 kg.ha-1 a los 234 días después de la defoliación. Por cada tonelada de fruto producido, se extrajeron los siguientes nutrientes: Nitrógeno 18.88 kg, Fósforo 1.45 kg, Potasio 7.14 kg, Calcio 9.36 kg, Magnesio 1.58 kg, Azufre 1.17 kg; y en g.t-1, Zinc 28.02, Cobre 11.16, Manganeso 714.91, Hierro 71.60, Boro 36.93, Cadmio 0.03, Plomo 3.68 y Cromo 2.14, siguiendo la secuencia: N > Ca > K > Mg > P > S > Mn > Fe > B > Zn > Cu > Pb > Cr > Cd.

S. Olivares et.al. [18]. Señalaron que los niveles de metales pesados en suelos agrícolas como Cd, Cu, Pb y Zn estaban por encima del rango aplicable a los suelos agrícolas cubanos y que el Pb en particular estaba por encima del nivel considerado fitotóxica.

Lo manifestado nos indica que, si existe contaminación por Cadmio y Plomo y trazas de cromo, mercurio y arsénico en el cultivo de palto y debemos seguir investigando, especialmente en los alimentos destinados al consumo en fresco como es el caso de la palta, lo que valida la hipótesis. propuesta en este ensayo.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo al desarrollo del ensayo se llega a las siguientes conclusiones:

- 5.1. La textura Franco y Franco-arcillosa del suelo, es adecuada para el crecimiento y desarrollo normal del palto, las características físicas del suelo no son limitantes.
- 5.2. En cuanto a los análisis realizados de metales pesados, en el suelo agrícola el Cadmio (Cd) exceden el nivel de concentración permitida por la normativa local, obteniéndose 1.31 mg/kg, 2.02 mg/kg, 1.43mg/kg y 1.41mg/kg, estos resultados indican la contaminación del suelo, los demás metales pesados en estudio si bien se evidenciaron trazas u presencia de estos las cantidades no llegan a sobrepasar los Límites Máximos Permisibles de la Norma ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017 y el Codex Alimentarius.
- 5.3. En cuanto a las muestras de agua los resultados de los análisis indican que no hay presencia de estos contaminantes químicos por encontrarse por debajo del límite de cuantificación (<LC).
- 5.4. Los resultados de análisis en raíces y follaje si bien es cierto hay presencia de estos contaminantes estas no exceden los valores permisibles por la normativa local.
- 5.5. En cuanto a la fruta en la primera muestra analizada indica la presencia de Plomo (Pb) con 0.388 mg/kg, por encima de los Límites Máximos Permisibles por la Unión Europea la cual establece 0.1mg/kg, si bien es cierto los resultados también indican la presencia de Cadmio en la fruta esta se encuentra por debajo de los Límites permitidos por la normativa del mercado de destino, la Norma FAO y la Organización Mundial de la Salud.

VI. RECOMENDACIONES

Con el fin de continuar los trabajos de investigación, se sugiere realizar los siguientes estudios, según, las conclusiones y la ejecución de la investigación, sugerimos:

- 6.1. Proponer nuevas zonas de investigación sobre metales pesados en el cultivo de Palto y otros cultivos; porque hay una falta de información en esta área de investigación, especialmente a nivel de pequeños agricultores.
- 6.2. Promover entre los productores el uso de análisis de metales pesados para adquirir conocimientos prácticos sobre la acumulación en el suelo y diseñar pruebas que contribuyan a la eliminación de la contaminación del suelo por metales pesados como el cadmio y el plomo, presente en altas concentraciones que exceden los límites permisibles. niveles máximos. Límites permitidos de las normas ECA y Límites Máximos Permisibles por la Unión Europea.
- 6.3. Proporciona estadísticas a nivel de valle sobre la contaminación causada al cultivo de Paltos y otros cultivos para ayudar a determinar pautas aceptables y encontrar soluciones para abordarlas.
- 6.4. Sugerir recomendaciones para la gestión y mitigación de la contaminación por metales pesados en la zona de estudio, esto podría incluir sugerencias para prácticas agrícolas más seguras, la remediación del suelo, entre otros medios para reducir la concentración del plomo en el fruto y la del cadmio en el suelo agrícola.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. Prieto, P. Martínez, M. Méndez, and M. Prieto. Presencia de metales pesados en cultivos de Actopan e Ixmiquilpan, Valle del Mezquital, México, por riego con aguas negras. *Revista Latino Americana Recursos Naturales*. México 3: 100-111. 2007b.
- [2] A. Torres. 2022/03/29. UE rechazó un contenedor de palta Hass de Perú por tener un alto nivel de cadmio. *Gestión*. [On Line] Disponible en: <https://gestion.pe/economia/ue-rechazo-un-contenedor-de-palta-hass-de-peru-por-tener-un-alto-nivel-de-cadmio-noticia/>
- [3] Andina. Agencia Peruana de Noticias. 2022.03.29. Senasa evalúa caso de palta de Lambayeque rechazada por Holanda tras detectar cadmio. [On Line] Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-senasa-evalua-caso-palta-lambayeque-rechazada-holanda-tras-detectar-cadmio-886721.aspx>
- [4] C. Contreras. La ciudad del mercurio Huancavelica 1570-1700. Instituto de Estudios Peruanos. 1ª edición, setiembre 1982. Lima Perú. [On Line] Disponible en: <https://repositorio.iep.org.pe/server/api/core/bitstreams/499a2d61-d404-4a2d-a4bc-7ae840ea77c9/content>
- [5] Defensoría del Pueblo. 2022.03. Defensoría del Pueblo: obligación del estado de atender contaminación por metales pesados en Huancavelica es impostergable. Nota de Prensa n° 134/OCII/DP/2022. [On Line] Disponible en: <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2022/03/NP-134-2022.pdf>
- [6] D. Mitma. 2024.03.17. Huancavelica: La ciudad andina de casas envenenadas con mercurio. *Medio Ambiente. Saludconlupa*. [On Line] Disponible en: <https://saludconlupa.com/medio-ambiente/huancavelica-la-ciudad-andina-de-casas-envenenadas-con-mercurio/>
- [7] Caretas. 2024.01.04. Fallo confirma contaminación por metales pesados en Huancavelica. [On Line] Disponible en: <https://caretas.pe/medio-ambiente/fallo-confirma-contaminacion-por-metales-pesados-en-huancavelica/>
- [8] L. Londoño, P. Londoño y F. Muñoz. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Rev. Bio. Agro*. [On Line]. 2016.
- [9] A. Anaya, A. González y L. Castellano. Contaminación con elementos traza en suelos cultivados con Hortalizas. Universidad de Pamplona, Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Agronomía. 2020. ISSN Impreso 1692-7125.-ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 18No. 2, p. 67-86, año 2020. Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad de Pamplona.
- [10] M. Beltrán y A. Gómez. Metales pesados (Cd, Cr y Hg): su impacto en el ambiente y posibles estrategias biotecnológicas para su remediación. *Revista I3+*, 2(2), 82 – 112 p. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Investigación, Innovación e Ingeniería. No. 2 – mzo. 2015 – ago. 2015.

- [11] J. Díaz, G. Chávez, L. Quipuscoa, J. Rabanal, T. Pereyra, J. Campos. Evaluación del contenido de metales pesados en suelos agrícolas del distrito de Jesús – Cajamarca. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cajamarca. 225-Texto del artículo-880-1-10-20240115 Cajamarca, Perú. 2024.
- [12] A. Vivero, R. Valenzuela. A. Valenzuela y G. Morales. Palta: compuestos bioactivos y sus potenciales beneficios en salud. *Rev. niño. nutr.* [en línea]. 2019, vol.46, n.4 [citado 2024-05-23], pp.491-498. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182019000400491&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0717-7518. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182019000400491>.
- [13] F. Madueño. “Determinación de metales pesados (plomo y cadmio) en lechuga (*Lactuca sativa*) en mercados del cono norte, centro y cono sur de Lima Metropolitana”. Tesis (Toxicólogo). Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, EAP. de Toxicología, Lima. 2017.
- [14] H. Flores. Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del rio grande y su relación con la actividad minera. Universidad Nacional de Cajamarca. Escuela de Postgrado Maestría en Ciencias Mención: Planificación para el Desarrollo. Cajamarca, Perú diciembre 2016.
- [15] J. Garcilazo. “Evaluación de la contaminación por cadmio en el cultivo de espárrago (*Asparagus officinalis*) CV. UC 157-F1- en campo de pequeños agricultores en la zona de Santiago- la Venta con énfasis en el cadmio en turiones”. Tesis para optar el Grado de Doctor en Gestión Ambiental. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Escuela de Posgrado. Ica Perú. (2021). <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>
- [16] P. Ramírez. Biomonitorio de metales pesados en hojas y frutos de guayabo (*Psidium guajava* L.) y de guamúchil (*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth.) en el Área Metropolitana de Guadalajara. Tesis que para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Biosistemática y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Zapopan, Jalisco Julio de 2015.
- [17] N. Panduro, L. Vega-Jara, N. Ramírez y R. Herrera-Veramendi. Absorción de nutrientes y metales pesados del cultivo de *Camu Camu* en un entisol de Yarinacocha. Libro de investigación. Publicación disponible en: <https://www.unheval.edu.pe> Huánuco-Perú. 2021.
- [18] S. Olivares, D. García, L. Lima, I. Saborit, A. Llizo & P. Pérez. Niveles de cadmio, plomo, cobre y zinc en hortalizas cultivadas en una zona altamente urbanizada de la ciudad de la Habana, Cuba. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 29(4), 285-294. 2013.

Recuperado en 23 de mayo de 2024, de
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992013000400006&lng=es&tlng=es.

- [19] Instituto Nacional del Cáncer. 2015.03.20. Cadmio. [On Line] Disponible en:
<https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/cadmio>
- [20] Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. Plomo. (s/f). [On Line] Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/plomo>
- [21] ATSDR. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. 2016.05.06. ToxFAQs™ - Cromo (Chromium). [On Line] Disponible en:
https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts7.html
- [22] J. Sánchez. 2020.12.09. El Mercurio, metal pesado: ¿Por qué es nocivo para la Salud? Redacción Médica La Revista. Médico Pediatra-Neonatólogo, Profesor Universitario de Ciencias básicas, Química Médica Asociación Médica Peruana [On Line] Disponible en:
<https://medicalarevista.com/el-mercurio-metal-pesado-por-que-es-nocivo-para-la-salud/>
- [23] Organización Mundial de la Salud. 2022.12.07. Arsénico. On Line] Disponible en:
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>

VIII. ANEXOS

8.1. Instrumentos de recolección de información

8.2. Otros

8.3. Fotos del Proceso

8.1. Instrumentos de recolección de información.

Cada instrumento de recolección de datos debe ser utilizado de manera ética y responsable, siguiendo todas las regulaciones y protocolos relevantes. Además, es importante registrar cuidadosamente todos los datos y mantener un registro detallado de los métodos de recolección de datos para garantizar la validez y fiabilidad de tus resultados.

La observación directa

La observación permitió identificar las plantas a muestrear.

Recolección de Datos

Debido a la poca información a nivel local, se recopiló información de los docentes investigadores, del asesor y de las empresas comercializadoras de productos agrícolas.

Instrumentos

El usado fue la observación, se recolectó datos específicos sobre el tema investigado, que nos permitió utilizarla en la interpretación y desarrollo del informe final.

Con respecto a los análisis del agua, suelos, hojas, raíces y frutos, estos fueron de fuentes de información secundaria, análisis reportados por el laboratorio del Instituto Rural Valle Grande, donde se realizaron los análisis de metales pesados estudiados, el Plomo, Cadmio, Cromo, Arsénico y Mercurio, poniendo especial atención en el cadmio; el cual es importante porque es un metal que es parte de la naturaleza del suelo y los cultivos tienen la facultad de absorberlo, transmitirlo directamente a los productos que luego serán comercializados, en perjuicio de la salud de las personas por ser tóxico, acumularse en el organismo y alta permanencia.

Los resultados del laboratorio, son de garantía y confiables, válidos y objetivos, por ser uno de los laboratorios acreditados y eso nos permite afirmar que hay confiabilidad en los datos obtenidos.

Los resultados se interpretaron de acuerdo a los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental, dispuesto por el D.S N° 011 - 2017 – MINAM y el Reglamento N° 488/2014 establecida por la Unión Europea.

Los metales pesados en estudio

¿Qué es el cadmio? [19].

El cadmio es un elemento natural que se encuentra en la corteza terrestre. Todos los suelos y las rocas, entre ellos el carbón y los fertilizantes minerales, contienen algo de cadmio. La mayor parte del cadmio que se usa en Estados Unidos se extrae durante la producción de otros metales tales como zinc, plomo y cobre. El cadmio no se corroe con facilidad y se ha usado para fabricar baterías, pigmentos, revestimientos de metal y plásticos.

¿Cómo se exponen las personas al cadmio?

La exposición al cadmio ocurre en su mayoría en los lugares de trabajo donde se fabrican productos con cadmio. Las principales rutas de exposición ocupacional son la inhalación del polvo y los gases y la ingestión accidental de polvo de las manos, cigarrillos o alimentos contaminados.

La exposición de la población general se produce al respirar humo de tabaco o consumir alimentos contaminados con cadmio, la cual es la fuente principal de exposición al cadmio en personas no fumadoras. La expansión de la industria de reciclado de baterías de níquel y cadmio (Ni-CD) es también una posible fuente de exposición.

¿Cuáles son los cánceres relacionados con la exposición al cadmio?

La exposición ocupacional a diferentes tipos de compuestos de cadmio está relacionada con un mayor riesgo de muerte por cáncer de pulmón.

¿Cómo se puede reducir la exposición?

Las baterías de níquel y cadmio deben desecharse de manera adecuada, y no se debe permitir que los niños jueguen con baterías. Evite el humo de tabaco. Si trabaja con cadmio, use todas las precauciones de seguridad para evitar llevarse a casa partículas de polvo con cadmio en la ropa, la piel, el cabello o las herramientas. La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional de EE. UU. (Occupational Safety and Health Administration) proporciona más información al respecto.

Plomo. [20].

Es un metal tóxico cuyo uso generalizado ha causado contaminación ambiental y problemas de salud en muchas partes del mundo. Es una sustancia tóxica acumulativa que afecta a los múltiples sistemas corporales, incluidos los sistemas cardiovasculares y neurológicos, hematológicos, del aparato digestivo, renales. Los niños son especialmente vulnerables a los efectos neurotóxicos del plomo, y aun los niveles relativamente bajos de exposición pueden causar daño neurológico grave y en algunos casos irreversible.

Recientes reducciones del uso de plomo en gasolina, la pintura, la plomería y la soldadura han resultado en reducciones sustanciales de las concentraciones de plomo en sangre a nivel de la

población. Sin embargo, fuentes significativas de la exposición todavía siguen, en particular en los países en desarrollo.

Los niños pequeños son particularmente vulnerables a la intoxicación por plomo porque, según la fuente de contaminación de que se trate, llegan a absorber una cantidad de plomo entre cuatro y cinco veces mayor que los adultos. Asimismo, su curiosidad innata y la costumbre, propia de su edad, de llevarse cosas a la boca los hacen más propensos a chupar y tragar objetos que contienen plomo o que están recubiertos de este metal (por ejemplo, tierra o polvo contaminados o escamas de pintura con plomo). Esta vía de exposición es aún mayor en los niños con un trastorno psicológico denominado pica (ansia persistente y compulsiva de ingerir sustancias no comestibles), quienes pueden arrancar y tragar escamas de pintura con plomo de las paredes, los marcos de las puertas o los muebles.

En Nigeria, el Senegal y otros países, la exposición a tierra y polvo contaminados por plomo debido al reciclaje de baterías y a actividades mineras ha provocado intoxicaciones masivas por plomo y numerosas muertes en niños pequeños.

Una vez dentro del cuerpo, el plomo se distribuye hasta alcanzar órganos como el cerebro, el hígado, los riñones y los huesos. Se deposita en dientes y huesos, donde se va acumulando con el paso del tiempo. El plomo almacenado en los huesos puede volver a circular por la sangre durante el embarazo, con el consiguiente riesgo para el feto. Los niños con desnutrición son más vulnerables al plomo porque sus organismos absorben mayores cantidades de este metal en caso de carencia de otros nutrientes, como el calcio o el hierro. Los niños que corren un mayor riesgo son los de muy corta edad (incluidos los fetos en gestación) y los que viven en medios económicamente desfavorecidos.

Cromo

¿Qué es el cromo? [21].

El cromo es un elemento natural que se encuentra en rocas, animales, plantas y el suelo. Puede existir en varias formas diferentes. Dependiendo de la forma que toma, puede encontrarse en forma de líquido, sólido o gas. Las formas más comunes son el cromo (0), cromo (III) y cromo (VI). Los compuestos de cromo no tienen ningún sabor u olor especial.

El cromo metálico, que es la forma de cromo (0), se usa en la fabricación de acero. El cromo (VI) y el cromo (III) se usan en cromado, colorantes y pigmentos, curtido de cuero y preservación de madera.

¿Qué le sucede al cromo cuando entra al medio ambiente?

El cromo se puede encontrar en el aire, el suelo y el agua luego de ser liberado durante su manufactura o la manufactura, uso o disposición de productos de cromo.

El cromo generalmente no permanece en la atmósfera, sino que se deposita en el suelo y el agua.

El cromo puede transformarse fácilmente de una forma a otra en el agua y el suelo, dependiendo de las condiciones presentes. Los peces no acumulan en el cuerpo mucho cromo del agua.

¿Cómo puede ocurrir la exposición al cromo?

Comiendo alimentos contaminados con cromo (III).

Respirando aire contaminado en el trabajo o a través de contacto con la piel durante su uso en el trabajo. Tomando agua de pozo contaminada. Viviendo cerca de sitios de residuos peligrosos no controlados que contienen cromo o de industrias que usan cromo.

¿Cómo puede afectar mi salud el cromo?

El cromo (III) es un elemento nutritivo esencial que ayuda al cuerpo a usar azúcares, proteínas y grasas.

Respirar niveles altos de cromo (VI) puede producir irritación del revestimiento interno de la nariz, úlceras nasales, secreción nasal y problemas respiratorios tales como asma, tos, falta de aliento o respiración jadeada. Las concentraciones de cromo en el aire que producen estos efectos pueden ser diferentes para los diferentes tipos de compuestos de cromo; los efectos del cromo (VI) ocurren a concentraciones mucho más bajas que los del cromo (III).

El efecto principal que se observa en animales que ingieren compuestos de cromo (VI) son irritación y úlceras en el estómago y el intestino delgado y anemia. Los compuestos de cromo (III) son mucho menos tóxicos y no parecen causar estos problemas.

En animales de laboratorio machos expuestos al cromo (VI) también se han observado daño de los espermatozoides y del sistema reproductivo.

El contacto de la piel con ciertos compuestos de cromo (VI) puede producir úlceras en la piel. Algunas personas son muy sensibles al cromo (VI) y cromo (III). En algunas personas se han descrito reacciones alérgicas que se manifiestan como enrojecimiento e hinchazón grave de la piel.

¿Qué posibilidades hay de que el cromo produzca cáncer?

El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS), la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y la EPA han determinado que los compuestos de cromo (VI) son carcinogénicos en seres humanos.

En trabajadores, la inhalación de cromo (VI) ha producido cáncer del pulmón. El cromo (VI) también produce cáncer del pulmón en animales. En seres humanos y animales expuestos a cromo (VI) en el agua potable se ha observado un aumento de tumores estomacales.

¿Cómo puede el cromo afectar a los niños?

Los efectos de la exposición a niveles altos de cromo en niños seguramente serán similares a los efectos observados en adultos.

No se sabe si la exposición al cromo produce defectos de nacimiento u otros efectos sobre el desarrollo en seres humanos. En animales expuestos al cromo (VI) se han observado algunos efectos sobre el desarrollo.

Mercurio. [22].

El mercurio (Hg) pertenece al Grupo 12 de la tabla periódica, posee una masa atómica de 200.6, su número atómico es 80 y tiene una densidad relativa de 13,6 (agua=1); por ello se le define como un metal pesado. Se usa en la extracción de oro y plata, en instrumentos de medida, enchufes, lámparas fluorescentes, como catalizador, en las amalgamas dentales, en termómetros, tensiómetros y en algunas vacunas como preservante bajo la presentación del compuesto timerosal (tiosalicilato de etilmercurio, tiomersal, mer-thio-lato), que contiene un radical orgánico etilo (dos carbonos a diferencia del metilo, que posee un carbono).

La exposición humana a Hg puede ser por inhalación, ingestión o a través de la piel. En el caso del timerosal es a través de vacunas parenterales con la finalidad de evitar la contaminación biológica de los frascos multidosis. El timerosal no influye en la potencia y/o eficacia de la vacuna.

La EPA ha determinado que la exposición diaria permitida de Hg sería de 0,1 $\mu\text{g}/\text{Kg}/\text{día}$ (aprox. 7 $\mu\text{g}/\text{día}$ para una persona de 70 Kg). Un recién nacido recibe una vacuna monodosis que contiene timerosal al 0.01% (25 μg de Hg); es decir, una dosis mercurial de más de 8 $\mu\text{g}/\text{Kg}$. No obstante, la exposición a Hg se inicia desde antes del nacimiento de nuestros niños dependiendo de la exposición ambiental sobre la madre y también a través de las vacunas antitetánicas materno-prenatales.

En nuestro medio no hay un estricto control ambiental, calidad del agua, control de desechos desde las industrias, etc., lo que acentúa nuestra exposición a Hg en sus variadas formas de presentación. Se señala al Hg como el más peligroso de todos los metales pesados. No tiene ningún rol fisiológico en el metabolismo humano y no existen mecanismos para eliminarlo activamente, por lo que se acumula durante la vida llegando un adulto de 70 Kg a acumular hasta 13 mg de Hg.² Cuando se describe la excreción renal de Hg, no significa que esa sea su vía metabólica de eliminación; lo que produce es necrosis tubular saliendo por esfacelación.

Son biotransformados por desalquilación, perdiendo el grupo orgánico. La desetilación se produce en riñón, hígado y cerebro. Se elimina por las vías biliar, renal, leche y pelo. Además del riñón, el otro órgano blanco del etilmercurio es el SNC.³ A diferencia del metilmercurio, el etilmercurio no solo afecta el cerebro. Ambas presentaciones están químicamente relacionadas estrechamente; tienen una similar distribución en el organismo y causan iguales daños en dosis tóxicas. Aunque se describen diferencias –el metilmercurio es más potente- el etilmercurio es modificado más

rápidamente a Hg inorgánico, lo que explicaría el daño. El tiempo de vida media sérica del etilmercurio es de 7 a 10 días, lo que supondría un menor riesgo de acumulación; sin embargo, la interacción del metal sucede en un período crítico del crecimiento y desarrollo del SNC.

Arsénico. [23].

El arsénico es un elemento natural de la corteza terrestre; ampliamente distribuido en todo el medio ambiente, está presente en el aire, el agua y la tierra. En su forma inorgánica es muy tóxico.

Las personas están expuestas a niveles elevados de arsénico inorgánico a través del consumo de agua contaminada, el uso de agua contaminada en la preparación de alimentos y el riego de cultivos alimentarios, los procesos industriales, la ingestión de alimentos contaminados y el consumo de tabaco.

La exposición prolongada al arsénico inorgánico, principalmente a través del agua de bebida y los alimentos puede causar intoxicación crónica. Los efectos más característicos son la aparición de lesiones cutáneas y cáncer de piel.

Fuentes de exposición

Agua de bebida y alimentos, la mayor amenaza del arsénico para la salud pública procede de las aguas subterráneas contaminadas. El arsénico inorgánico está naturalmente presente a altos niveles en las aguas subterráneas de diversos países, entre ellos la Argentina, Bangladesh, Camboya, Chile, China, los Estados Unidos de América, la India, México, Pakistán y Viet Nam. Las principales fuentes de exposición son el agua de bebida, los cultivos regados con agua contaminada y los alimentos preparados con agua contaminada.

Los pescados, mariscos, carnes, aves de corral, productos lácteos y cereales también pueden ser fuentes alimentarias de arsénico, aunque la exposición a través de estos alimentos suele ser muy inferior a la exposición a través de aguas subterráneas contaminadas. En el marisco, el arsénico está presente principalmente en su forma orgánica menos tóxica.

Procesos industriales

El arsénico se utiliza industrialmente como agente de aleación, así como para el procesamiento de vidrio, pigmentos, textiles, papel, adhesivos metálicos, protectores de la madera y municiones. El arsénico se emplea asimismo en los procesos de curtido de pieles y, en grado más limitado, en la fabricación de plaguicidas, aditivos para piensos y productos farmacéuticos.

Las personas que fuman tabaco también pueden estar expuestas al arsénico inorgánico que contiene el tabaco natural, ya que las plantas de tabaco pueden absorber el arsénico presente de forma natural en el suelo. El riesgo de exposición al arsénico era mucho mayor hace unos años, cuando había costumbre de tratar las plantas de tabaco con insecticidas a base de arseniato de plomo.

Efectos en la salud

El arsénico inorgánico es un carcinógeno confirmado y es el contaminante químico más importante del agua de bebida en el mundo. El arsénico también puede presentarse en forma orgánica. Los compuestos de arsénico inorgánico (como los que se encuentran en el agua) son extremadamente tóxicos, en tanto que los compuestos de arsénico orgánico (como los que se encuentran en el marisco) son menos perjudiciales para la salud.

Efectos agudos

Los síntomas inmediatos de intoxicación aguda por arsénico incluyen vómitos, dolor abdominal y diarrea. Estos van seguidos de entumecimiento y hormigueo en las extremidades, calambres musculares y, en casos extremos, la muerte.

Efectos a largo plazo

Los primeros síntomas de la exposición prolongada a altos niveles de arsénico inorgánico (por ejemplo, a través del consumo de agua y alimentos contaminados) se observan generalmente en la piel e incluyen cambios de pigmentación, lesiones cutáneas y durezas y callosidades en las palmas de las manos y las plantas de los pies (hiperqueratosis). Estos efectos se producen tras una exposición mínima de aproximadamente cinco años y pueden ser precursores de cáncer de piel.

Además de cáncer de piel, la exposición prolongada al arsénico también puede causar cáncer de vejiga y de pulmón. El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) ha clasificado el arsénico y los compuestos de arsénico como cancerígenos para los seres humanos; también ha declarado cancerígeno el arsénico presente en el agua de bebida.

Entre los demás efectos perjudiciales para la salud que se pueden asociar a la ingesta prolongada de arsénico cabe señalar problemas relacionados con el desarrollo, diabetes y enfermedades pulmonares y cardiovasculares. En particular, los infartos de miocardio inducidos por el arsénico pueden suponer una importante causa de aumento de la mortalidad.

El arsénico también se asocia a desenlaces adversos del embarazo y mortalidad infantil, repercute en la salud de los niños, y la exposición en el útero y en la primera infancia se ha relacionado con aumentos de la mortalidad en adultos jóvenes debidos a múltiples cánceres, enfermedades pulmonares, infartos de miocardio e insuficiencia renal. En numerosos estudios se han demostrado los efectos negativos de la exposición al arsénico en el desarrollo cognitivo, la inteligencia y la memoria.

SOLICITANTE : HUMBERTO ANDIA SANCHEZ
 PREDIO : FUNDO PAMPACHACRA - TICRAPO
 MATRIZ : SUELO AGRICOLA

ANÁLISIS N° : 945-019-2023
 LUGAR : Castrovirreyma
 FECHA DE RECEP. : 30/09/2023

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN CON MICRONUTRIENTES DISPONIBLES
 MUESTRA : MUESTRA N. 01 - 30cm - CULT. PALTO - HASS - 28-09-23

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	44.55	%		
Limo	29.96	%		
Arcilla	25.49	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO			
Carbonato de Calcio Total	1.05	%	MES - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	1.35	dS / m	MES - 004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp. 24.3 °C	7.82		MES - 005	Electrométrico
Fosforo Disponible	6.04	ppm	MES - 006	Olsen
Materia Orgánica	2.34	%	MES - 007	Walkley y Black
Nitrogeno Total	0.14	%	MES - 008	Kjeldahl
Potasio Disponible	254.40	ppm	MES - 009	Acetato de Amonio
Cationes Cambiables				Extractante: Ac. Amonio
Calcio	13.92	mEq / 100 g	MES - 010	FAAS
Magnesio	3.72	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	0.32	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	0.65	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
P.S.I	1.73	%	MES - 015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	18.61	mEq / 100 g	MES - 017	Cálculo Matemático
Micronutrientes Disponibles				Extractante: DTPA
Cobre	2.37	ppm.	MES - 018	FAAS
Zinc	0.81	ppm.	MES - 019	FAAS
Manganeso	31.54	ppm.	MES - 020	FAAS
Hierro	26.67	ppm.	MES - 021	FAAS
				Extractante: CaCl₂·2H₂O
Boro	1.56	ppm.	MES - 022	Colorimétrico

DONDE:

E.S : Extracto de Saturación.
 (1 / 1) : Relación Masa del Suelo / Volumen del Agua.
 P.S.I : Porcentaje de Sodio Intercambiable.
 C.I.C.E : Capacidad de Intercambio Cationico Directo.

% : Masa / Masa.
 ppm : mg / Kg.
 MES : Método Propio del Laboratorio.
 FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Línea.

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.


 MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
 JEFE DEL LABORATORIO




 MSc. Agr. Julio Castro Lazo
 DIRECTOR DEL LABORATORIO

SOLICITANTE : HUMBERTO ANDIA SANCHEZ
 PREDIO : FUNDO PAMPACHACRA - TICRAPO
 MATRIZ : SUELO AGRICOLA

ANÁLISIS N° : 945-02S-2023
 LUGAR : Castrovirreyta
 FECHA DE RECEP. : 30/09/2023

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACION CON MICRONUTRIENTES DISPONIBLES
 MUESTRA : MUESTRA N. 01 - 30-60cm - CULT. PALTO - HASS - 28-09-23

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	38.51	%		
Limo	28.02	%		
Arcilla	33.47	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural FRANCO ARCILLOSO				
Carbonato de Calcio Total	20.83	%	MES - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	1.25	dS / m	MES - 004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp. 24.3 °C	8.08		MES - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	3.44	ppm	MES - 006	Olsen
Materia Orgánica	0.69	%	MES - 007	Walkley y Black
Nitrógeno Total	0.04	%	MES - 008	Kjeldahl
Potasio Disponible	108.20	ppm	MES - 009	Acetato de Amonio
Cationes Cambiables				
Calcio	15.37	mEq / 100 g	MES - 010	Extractante: Ac. Amonio FAAS
Magnesio	2.46	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	0.35	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	0.28	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
P.S.J	1.90	%	MES - 015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	18.45	mEq / 100 g	MES - 017	Cálculo Matemático
Micronutrientes Disponibles				
Cobre	1.27	ppm	MES - 018	Extractante: DTPA FAAS
Zinc	0.39	ppm	MES - 019	FAAS
Manganeso	13.56	ppm	MES - 020	FAAS
Hierro	12.25	ppm	MES - 021	FAAS
Boro	1.32	ppm	MES - 022	Extractante: CaCl ₂ .2H ₂ O Colorimétrico

NOTA:

E.S. : Extracto de Salmuera
 (1/1) : Relación Masa del Suelo / Volumen del Agua
 P.S.J : Porcentaje de Sodio Intercambiable
 C.I.C.E : Capacidad de Intercambio Cationico Efectivo

% : Masa / Masa
 ppm : mg / Kg
 MES : Método Propio del Laboratorio
 FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Línea

NOTA:

1. Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
2. Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.


 MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
 JEFE DEL LABORATORIO




 MSc. Agr. Julio Castro Lazo
 DIRECTOR DEL LABORATORIO

SOLICITANTE : HUMBERTO ANDIA SANCHEZ
 PREDIO : FUNDO PAMPACHACRA
 MATRIZ : SUELO AGRICOLA

ANÁLISIS N° : 1236-01S -2023
 LUGAR : Tiorapo
 FECHA DE RECEP. : 16/12/2023

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACION CON MICRONUTRIENTES DISPONIBLES

MUESTRA : MUESTRA N. 01 - CULT. PALTO - 0-30cm

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	43.11	%		
Limo	26.60	%		
Arcilla	30.29	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO ARCILLOSO			
Carbonato de Calcio Total	2.46	%	MES - 003	Grevimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	1.08	dS / m	MES - 004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp. 24.7 °C	7.63		MES - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	37.74	ppm	MES - 006	Olsen
Materia Orgánica	4.48	%	MES - 007	Walkley y Black
Nitrogeno Total	0.26	%	MES - 008	Kjeldahl
Cationes Cambiables				
Calcio	20.33	mEq / 100 g	MES - 010	Extractante: Ac. Amonio FAAS
Magnesio	4.46	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	0.40	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	1.16	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
P.S.I	1.53	%	MES - 015	Calculo Matemático
C.I.C.E	26.35	mEq / 100 g	MES - 017	Calculo Matemático
Micronutrientes Disponibles				
Cobre	1.63	ppm.	MES - 018	Extractante: DTPA FAAS
Zinc	1.40	ppm.	MES - 019	FAAS
Manganeso	14.02	ppm.	MES - 020	FAAS
Hierro	14.61	ppm.	MES - 021	FAAS
Boro	3.32	ppm.	MES - 022	Extractante: CaCl ₂ ·2H ₂ O Colorimétrico

LEGENDA:

E.S. Extracto de Salinidad
 (1/1) Relación Masa del Suelo / Volumen del Agua.
 P.S.I. Porcentaje de Sodio Intercambiable.
 C.I.C.E. Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo.

% / Masa / Masa
 ppm / mg / Kg
 MES Método Propio del Laboratorio
 FAAS Espectrometría de Absorción Atómica por Llama

NOTA:

- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.


MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
 JEFE DEL LABORATORIO


MSc. Agr. Julio Castro Lazo
 DIRECTOR DEL LABORATORIO

SOLICITANTE : HUMBERTO ANDIA SANCHEZ
 PREDIO : FUNDO PAMPACHACRA
 MATRIZ : SUELO AGRICOLA

 ANÁLISIS N° : 1236-025 -2023
 LUGAR : Tiarapo
 FECHA DE RECEP. : 16/12/2023

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN CON MICRONUTRIENTES DISPONIBLES

MUESTRA : MUESTRA N. 01 - CULT. PALTO - 30-60cm

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	51.06	%		
Limo	21.66	%		
Árcilla	27.28	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO ARCILLO ARENOSA			
Carbonato de Calcio Total	5.34	%	MES - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	0.81	dS / m	MES - 004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp. 24.7 °C	7.83		MES - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	6.86	ppm	MES - 006	Olsen
Materia Orgánica	1.17	%	MES - 007	Walkley y Black
Nitrógeno Total	0.07	%	MES - 008	Kjeldahl
Cationes Cambiables				
Calcio	11.77	mEq / 100 g	MES - 010	Extractante: Ac. Amonio FAAS
Magnesio	3.76	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	0.46	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	0.58	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
P.S.I	2.77	%	MES - 015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	16.57	mEq / 100 g	MES - 017	Cálculo Matemático
Micronutrientes Disponibles				
Cobre	1.24	ppm.	MES - 018	Extractante: DTPA FAAS
Zinc	0.28	ppm.	MES - 019	FAAS
Manganeso	13.23	ppm.	MES - 020	FAAS
Hierro	8.65	ppm.	MES - 021	FAAS
Boro	2.68	ppm.	MES - 022	Extractante: CaCl ₂ ·2H ₂ O Colorimétrico

NOTAS:

 E.S. : Extracto de Saturación.
 (1/1) : Relación Masa del Suelo / Volumen del Agua.
 P.S.I : Porcentaje de Sodio Intercambiable.
 C.I.C.E. : Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo.

 % : Masa / Masa.
 ppm : mg / Kg.
 MES : Método Propio del Laboratorio.
 FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Línea.

NOTA:

1. Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
2. Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.


 MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
 JEFE DEL LABORATORIO


 MSc. Agr. Julio Castro Lazo
 DIRECTOR DEL LABORATORIO



VALLE GRANDE

Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : HUMBERTO ANDIA SANCHEZ
PREDIO : FUNDO PAMPACHACRA - TICRAPO
FECHA DE INICIO : 03/10/2023
FECHA FINAL : 19/10/2023
MATRIZ : AGUA DE RIEGO

CÓDIGO DE MUESTRA : 945-01A -2023
MUESTREADO POR : CLIENTE
TIPO DE MUESTRA : LIQUIDA
FECHA DE INGRESO : 30/09/2023
FECHA DE EMISIÓN : 23/10/2023

INFORME DE ANÁLISIS - METALES PESADOS MUESTRA : MUESTRA N. 01 - AGUA DE RIO - 02-10-23

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total (Pb)	< Lc	mg / L	MFES - 070	FAAS
Cadmio Total (Cd)	< Lc	mg / L	MFES - 071	FAAS
Cromo Total (Cr)	< Lc	mg / L	MFES - 072	FAAS
Mercurio Total (Hg)	< Lc	mg / L	MFES - 073	CVAAS
Arsenico Total (As)	< Lc	mg / L	MFES - 074	HGAAS

Los resultados están expresados en muestra original

LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo (Pb)	0.067	mg / L	MFES - 070	FAAS
Cadmio (Cd)	0.005	mg / L	MFES - 071	FAAS
Cromo (Cr)	0.067	mg / L	MFES - 072	FAAS
Mercurio (Hg)	0.001	mg / L	MFES - 073	CVAAS
Arsénico (As)	0.001	mg / L	MFES - 074	HGAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
HGAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros
CVAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Vapor Frio
MFES : Metodo Propio del Laboratorio

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



VALLE GRANDE

Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE	: HUBERTO ANDIA SANCHEZ	CÓDIGO DE MUESTRA	: 1236-01A -2023
PREDIO	: FUNDO PAMPACHACRA	MUESTREADO POR	: CLIENTE
FECHA DE INICIO	: 19/12/2023	TIPO DE MUESTRA	: LIQUIDA
FECHA FINAL	: 4/01/2024	FECHA DE INGRESO	: 16/12/2023
MATRIZ	: AGUA	FECHA DE EMISIÓN	: 13/01/2024

INFORME DE ANÁLISIS - METALES PESADOS

MUESTRA : MUESTRA DE AGUA - FDÓ. PAMPA CHACRA - CULT. PALTO HASS

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total (Pb)	< Lc	mg / L	MFES - 070	FAAS
Cadmio Total (Cd)	< Lc	mg / L	MFES - 071	FAAS
Cromo Total (Cr)	< Lc	mg / L	MFES - 072	FAAS
Mercurio Total (Hg)	< Lc	mg / L	MFES - 073	CVAAS
Arsenico Total (As)	< Lc	mg / L	MFES - 074	HGAAS

Los resultados están expresados en muestra original

LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo (Pb)	0.067	mg / L	MFES - 070	FAAS
Cadmio (Cd)	0.005	mg / L	MFES - 071	FAAS
Cromo (Cr)	0.067	mg / L	MFES - 072	FAAS
Mercurio (Hg)	0.001	mg / L	MFES - 073	CVAAS
Arsénico (As)	0.001	mg / L	MFES - 074	HGAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
HGAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros
CVAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Vapor Frio
MFES : Metodo Propio del Laboratorio

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



VALLE GRANDE

Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : HUMBERTO ANDIA SANCHEZ
 PREDIO : FUNDO PAMPACHACRA - TICRAPO
 FECHA DE INICIO : 03/10/2023
 FECHA FINAL : 19/10/2023
 MATRIZ : SUELO AGRICOLA

CÓDIGO DE MUESTRA : 945-015-2023
 MUESTREADO POR : CLIENTE
 TIPO DE MUESTRA : SOLIDA
 FECHA DE INGRESO : 30/09/2023
 FECHA DE EMISIÓN : 23/10/2023

INFORME DE ANÁLISIS - METALES PESADOS

MUESTRA : MUESTRA N. 01 - 30cm - CULT. PALTO - HASS - 28-09-23

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total (Pb)	44.88	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio Total (Cd)	1.31	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo Total (Cr)	12.02	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Mercurio Total (Hg)	0.02	mg / Kg	MFES - 073	CVAAS
Arsenico Total (As)	0.01	mg / Kg	MFES - 074	HGAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo (Pb)	0.067	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio (Cd)	0.005	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo (Cr)	0.067	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Mercurio (Hg)	0.001	mg / Kg	MFES - 073	CVAAS
Arsénico (As)	0.001	mg / Kg	MFES - 074	HGAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
 HGAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros
 CVAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Vapor Frio
 MFES : Metodo Propio del Laboratorio

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



VALLE GRANDE

Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : HUMBERTO ANDIA SANCHEZ
CÓDIGO DE MUESTRA : 945-025 -2023
PREDIO : FUNDO PAMPACHACRA - TICRAPO
MUESTREO POR : CLIENTE
FECHA DE INICIO : 03/10/2023
TIPO DE MUESTRA : SOLIDA
FECHA FINAL : 19/10/2023
FECHA DE INGRESO : 30/09/2023
MATRIZ : SUELO AGRICOLA
FECHA DE EMISIÓN : 23/10/2023

INFORME DE ANÁLISIS - METALES PESADOS

MUESTRA : MUESTRA N. 01 - 30-60cm - CULT. PALTO - HASS - 28-09-23

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total (Pb)	59.23	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio Total (Cd)	2.02	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo Total (Cr)	8.74	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Mercurio Total (Hg)	0.03	mg / Kg	MFES - 073	CVAAS
Arsenico Total (As)	0.02	mg / Kg	MFES - 074	HGAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo (Pb)	0.067	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio (Cd)	0.005	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo (Cr)	0.067	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Mercurio (Hg)	0.001	mg / Kg	MFES - 073	CVAAS
Arsénico (As)	0.001	mg / Kg	MFES - 074	HGAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
HGAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros
CVAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Vapor Frio
MFES : Metodo Propio del Laboratorio

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



SOLICITANTE : HUMBERTO ANDIA SANCHEZ
 PREDIO : FUNDO PAMPACHACRA
 FECHA DE INICIO : 19/12/2023
 FECHA FINAL : 4/01/2024
 MATRIZ : SUELO AGRICOLA

CÓDIGO DE MUESTRA : 1236-015 -2023
 MUESTREADO POR : CLIENTE
 TIPO DE MUESTRA : SOLIDA
 FECHA DE INGRESO : 16/12/2023
 FECHA DE EMISIÓN : 13/01/2024

INFORME DE ANÁLISIS - METALES PESADOS
MUESTRA : MUESTRA N. 01 - CULT. PALTO - 0-30cm

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total (Pb)	32.860	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio Total (Cd)	1.430	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo Total (Cr)	8.760	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Mercurio Total (Hg)	0.071	mg / Kg	MFES - 073	CVAAS
Arsenico Total (As)	0.003	mg / Kg	MFES - 074	HGAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo (Pb)	0.067	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio (Cd)	0.005	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo (Cr)	0.067	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Mercurio (Hg)	0.001	mg / Kg	MFES - 073	CVAAS
Arsénico (As)	0.001	mg / Kg	MFES - 074	HGAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
 HGAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros
 CVAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Vapor Frio
 MFES : Metodo Propio del Laboratorio

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



SOLICITANTE	: HUMBERTO ANDIA SANCHEZ	CÓDIGO DE MUESTRA	: 1236-025 -2023
PREDIO	: FUNDO PAMPACHACRA	MUESTREADO POR	: CLIENTE
FECHA DE INICIO	: 19/12/2023	TIPO DE MUESTRA	: SOLIDA
FECHA FINAL	: 4/01/2024	FECHA DE INGRESO	: 16/12/2023
MATRIZ	: SUELO AGRICOLA	FECHA DE EMISIÓN	: 13/01/2024

INFORME DE ANÁLISIS - METALES PESADOS
MUESTRA : MUESTRA N. 01 - CULT. PALTO - 30-60cm

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total (Pb)	27.200	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio Total (Cd)	1.410	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo Total (Cr)	8.690	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Mercurio Total (Hg)	0.060	mg / Kg	MFES - 073	CVAAS
Arsenico Total (As)	0.002	mg / Kg	MFES - 074	HGAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo (Pb)	0.067	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio (Cd)	0.005	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo (Cr)	0.067	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Mercurio (Hg)	0.001	mg / Kg	MFES - 073	CVAAS
Arsénico (As)	0.001	mg / Kg	MFES - 074	HGAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
HGAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros
CVAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Vapor Frio
MFES : Metodo Propio del Laboratorio

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO



VALLE GRANDE

Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : HUMBERTO ANDIA SANCHEZ
PREDIO : FUNDO PAMPACHACRA - TICRAPO
FECHA DE INICIO : 03/10/2023
FECHA FINAL : 19/10/2023
MATRIZ : RAICES DE PALTO

CÓDIGO DE MUESTRA : 945-01F -2023
MUESTREADO POR : CLIENTE
TIPO DE MUESTRA : SOLIDA
FECHA DE INGRESO : 30/09/2023
FECHA DE EMISIÓN : 23/10/2023

INFORME DE ANÁLISIS - METALES PESADOS

MUESTRA : MUESTRA N. 01 - RAICES DE PALTO - HASS - 28-09-23

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total (Pb)	2.638	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio Total (Cd)	0.213	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo Total (Cr)	4.113	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Mercurio Total (Hg)	0.015	mg / Kg	MFES - 073	CVAAS
Arsenico Total (As)	0.026	mg / Kg	MFES - 074	HGAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo (Pb)	0.067	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio (Cd)	0.005	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo (Cr)	0.067	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Mercurio (Hg)	0.001	mg / Kg	MFES - 073	CVAAS
Arsénico (As)	0.001	mg / Kg	MFES - 074	HGAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
HGAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros
CVAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Vapor Frío
MFES : Metodo Propio del laboratorio

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cafete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



SOLICITANTE : HUMBERTO ANDIA SANCHEZ CÓDIGO DE MUESTRA : 1236-01F-2023
 PREDIO : FUNDO PAMPACHACRA MUESTREADO POR : CLIENTE
 FECHA DE INICIO : 19/12/2023 TIPO DE MUESTRA : SOLIDA
 FECHA FINAL : 4/01/2024 FECHA DE INGRESO : 16/12/2023
 MATRIZ : RAICES FECHA DE EMISIÓN : 6/01/2024

INFORME DE ANÁLISIS - METALES PESADOS
MUESTRA : MUESTRA DE RAICES DE PALTO HASS

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total (Pb)	2.880	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio Total (Cd)	0.550	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo Total (Cr)	4.150	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Mercurio Total (Hg)	0.003	mg / Kg	MFES - 073	CVAAS
Arsenico Total (As)	0.001	mg / Kg	MFES - 074	HGAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo (Pb)	0.067	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio (Cd)	0.005	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo (Cr)	0.067	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Mercurio (Hg)	0.001	mg / Kg	MFES - 073	CVAAS
Arsénico (As)	0.001	mg / Kg	MFES - 074	HGAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
 HGAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros
 CVAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Vapor Prio
 MFES : Metodo Propio del Laboratorio

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.


MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO




MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO



VALLE GRANDE

Laboratorio de Química Agrícola

SOLICITANTE : HUMBERTO ANDIA SANCHEZ CÓDIGO DE MUESTRA : 945-02F -2023
 PREDIO : FUNDO PAMPACHACRA - TICRAPO MUESTREADO POR : CLIENTE
 FECHA DE INICIO : 03/10/2023 TIPO DE MUESTRA : SOLIDA
 FECHA FINAL : 19/10/2023 FECHA DE INGRESO : 30/09/2023
 MATRIZ : HOJAS DE PALTO FECHA DE EMISIÓN : 23/10/2023

INFORME DE ANÁLISIS - METALES PESADOS

MUESTRA : MUESTRA N. 02 - PALTO - HASS - 28-09-23

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total (Pb)	3.838	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio Total (Cd)	0.475	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo Total (Cr)	1.713	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Mercurio Total (Hg)	0.016	mg / Kg	MFES - 073	CVAAS
Arsenico Total (As)	0.016	mg / Kg	MFES - 074	HGAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo (Pb)	0.067	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio (Cd)	0.005	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo (Cr)	0.067	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Mercurio (Hg)	0.001	mg / Kg	MFES - 073	CVAAS
Arsénico (As)	0.001	mg / Kg	MFES - 074	HGAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
 HGAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros
 CVAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Vapor Frío
 MFES : Metodo Propio del Laboratorio

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



SOLICITANTE : HUMBERTO ANDIA SANCHEZ
 PREDIO : FUNDO PAMPACHACRA
 FECHA DE INICIO : 19/12/2023
 FECHA FINAL : 4/01/2024
 MATRIZ : HOJAS

CÓDIGO DE MUESTRA : 1236-02F -2023
 MUESTREADO POR : CLIENTE
 TIPO DE MUESTRA : SOLIDA
 FECHA DE INGRESO : 16/12/2023
 FECHA DE EMISIÓN : 6/01/2024

INFORME DE ANÁLISIS - METALES PESADOS
MUESTRA : MUESTRA DE HOJAS DE PALTO HASS

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total (Pb)	1.820	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio Total (Cd)	0.590	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo Total (Cr)	3.480	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Mercurio Total (Hg)	0.003	mg / Kg	MFES - 073	CVAAS
Arsenico Total (As)	0.001	mg / Kg	MFES - 074	HGAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

LÍMITES DE CUANTIFICACIÓN :

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo (Pb)	0.067	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio (Cd)	0.005	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo (Cr)	0.067	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Mercurio (Hg)	0.001	mg / Kg	MFES - 073	CVAAS
Arsénico (As)	0.001	mg / Kg	MFES - 074	HGAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
 HGAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros
 CVAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Vapor Frio
 MFES : Metodo Propio del Laboratorio

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



SOLICITANTE : HUMBERTO ANDIA SANCHEZ
 PREDIO : FUNDO PAMPACHACRA - TICRAPO
 FECHA DE INICIO : 03/10/2023
 FECHA FINAL : 19/10/2023
 MATRIZ : FRUTO DE PALTO

CÓDIGO DE MUESTRA : 945-01FRUT -2023
 MUESTREADO POR : CLIENTE
 TIPO DE MUESTRA : SOLIDA
 FECHA DE INGRESO : 30/09/2023
 FECHA DE EMISIÓN : 23/10/2023

INFORME DE ANÁLISIS - METALES PESADOS

MUESTRA : MUESTRA N. 01 - FRUTO DE PALTO - HASS - 28-09-23

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total (Pb)	0.388	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio Total (Cd)	0.009	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo Total (Cr)	< Lc	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Mercurio Total (Hg)	0.004	mg / Kg	MFES - 073	CVAAS
Arsenico Total (As)	0.003	mg / Kg	MFES - 074	HGAAS

Los resultados están expresados en muestra original

LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo (Pb)	0.067	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio (Cd)	0.005	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo (Cr)	0.067	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Mercurio (Hg)	0.001	mg / Kg	MFES - 073	CVAAS
Arsénico (As)	0.001	mg / Kg	MFES - 074	HGAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Uama
 HGAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros
 CVAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Vapor Frio
 MFES : Metodo Propio del Laboratorio

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA MENSUAL

Estación CO HUANCANO

Latitud : 13°36'04.3"S

Longitud : 75°37'15.8"W

Altitud : 1019 msnm

Dpto. : Ica

Provincia : Pisco

Distrito : Huancano

Parámetros : Humedad Relativa Mensual (%)

Período: 2023

Año	ENE	FEB	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2023	64	73	74	74	77	74	73	69	71	68	69	72

mm=lm/m²

INFORMACIÓN PREPARADA PARA: ING. HUMBERTO ANDÍA SÁNCHEZ

PROYECTO DE TESIS TITULO PROFESIONAL:

"Determinar el nivel de concentración de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb) en el suelo, agua y en el cultivo de palto en la zona de Ticrapo – Huancavelica."



Ica, 01 de marzo del 2024
Parque Industrial MZA lote 3-Ica
Telef. 056-228902
www.senamhi.eob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA MENSUAL

Estación CO HUANCANO

Latitud : 13°36'04.3"S

Longitud : 75°37'15.8"W

Altitud : 1019 msnm

Dpto. : Ica

Provincia : Pisco

Distrito : Huancano

Parámetros : Horas de Sol Mensual (hrs)

Periodo: 2023

mm-lm/m²

INFORMACIÓN PREPARADA PARA: ING. HUMBERTO ANDÍA SÁNCHEZ

PROYECTO DE TESIS TITULO PROFESIONAL:

“Determinar el nivel de concentración de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb) en el suelo, agua y en el cultivo de palto en la zona de Ticrapo – Huancavelica.”



Firmado digitalmente por ROSAS
LUJAN Ricardo Antonio FAU
22101388031.pdf
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 04.03.2024 10:15:21 -0500

Ica, 01 de marzo del 2024
Parque Industrial MZ A lote 3-ica
Telef. 056-228902
www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA MENSUAL

Estación CO HUANCANO

Latitud : 13°36'04.3"S
Longitud : 75°37'15.8"W
Altitud : 1019 msnm

Dpto. : Ica
Provincia : Pisco
Distrito : Huancano

Parámetros : Precipitación Total Mensual (mm)

Periodo: 2023

mm-lm/m²

INFORMACIÓN PREPARADA PARA: ING. HUMBERTO ANDÍA SÁNCHEZ

PROYECTO DE TESIS TITULO PROFESIONAL:

“Determinar el nivel de concentración de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb) en el suelo, agua y en el cultivo de palto en la zona de Ticrapo – Huancavelica.”



Ica, 01 de marzo del 2024
Parque Industrial MZ A lote 3-ica
Telef. 056-228902
www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA MENSUAL

Estación CO HUANCANO

Latitud : 13°36'04.3"S
Longitud : 75°37'15.8"W
Altitud : 1019 msnm

Dpto. : Ica
Provincia : Pisco
Distrito : Huancano

Parámetros : Temperatura Media Mensual (°C) Período: 2023

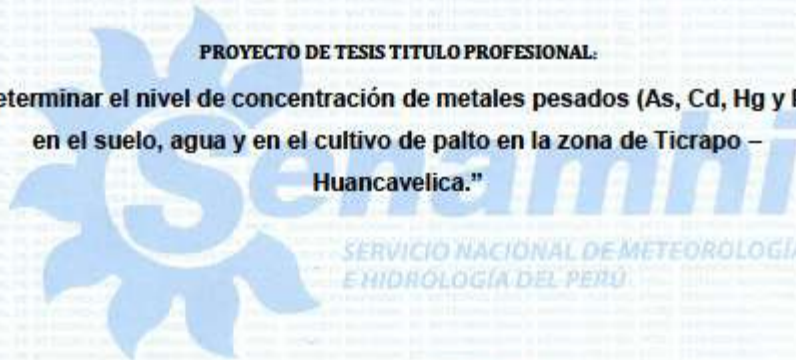


mm-lm/m²

INFORMACIÓN PREPARADA PARA: ING. HUMBERTO ANDÍA SÁNCHEZ

PROYECTO DE TESIS TITULO PROFESIONAL:

“Determinar el nivel de concentración de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb) en el suelo, agua y en el cultivo de palto en la zona de Ticrapo – Huancavelica.”



Firmado digitalmente por ROSAS LUJAN Ricardo Antonio FAU 2023.096023 aut
Módulo: Soy el autor del documento
Fecha: 04.03.2024 10:14:01 -0500

Ica, 01 de marzo del 2024
Parque Industrial MZ A lote 5-ica
Telef. 056-228902
www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA MENSUAL

Estación CO HUANCANO

Latitud : 13°36'04.3"S
Longitud : 75°37'15.8"W
Altitud : 1019 msnm

Dpto. : Ica
Provincia : Pisco
Distrito : Huancano

Parámetros : Temperatura Máxima Mensual (°C)

Periodo: 2023

mm=lm/m²

INFORMACIÓN PREPARADA PARA: ING. HUMBERTO ANDÍA SÁNCHEZ

PROYECTO DE TESIS TITULO PROFESIONAL

"Determinar el nivel de concentración de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb)
en el suelo, agua y en el cultivo de palto en la zona de Ticrapo –
Huancavelica."



Firmado digitalmente por ROSAS
LUJAN Ricardo Antonio FAU
2013.0360226.pdf
Módulo: Soy el autor del documento
Fecha: 04.03.2024 10:41:13 -0500

Ica, 01 de marzo del 2024
Parque Industrial MZ A lote 5-1ca
Telef. 056-228902
www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA MENSUAL

Estación **CO HUANCANO**

Latitud : 13°36'04.3"S
Longitud : 75°37'15.8"W
Altitud : 1019 msnm

Dpto. : Ica
Provincia : Pisco
Distrito : Huancano

Parámetros : Temperatura Mínima Mensual (°C) Periodo: 2023



mm=lm/m²

INFORMACIÓN PREPARADA PARA: **ING. HUMBERTO ANDÍA SÁNCHEZ**

PROYECTO DE TESIS TITULO PROFESIONAL:

**“Determinar el nivel de concentración de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb)
en el suelo, agua y en el cultivo de palto en la zona de Ticrapo –
Huancavelica.”**



Firmado digitalmente por ROSAL
LILIAN Ricardo Antonio FAU
20131206020 a soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 04/03/2024 10:14:24 -0500

Ica, 01 de marzo del 2024
Parque Industrial MZ A lote 3-Ica
Telef. 056-228902
www.senamhi.gob.pe

VÁLIDO SOLO EN ORIGINAL

ANEXO 3: Fotos del proceso del ensayo

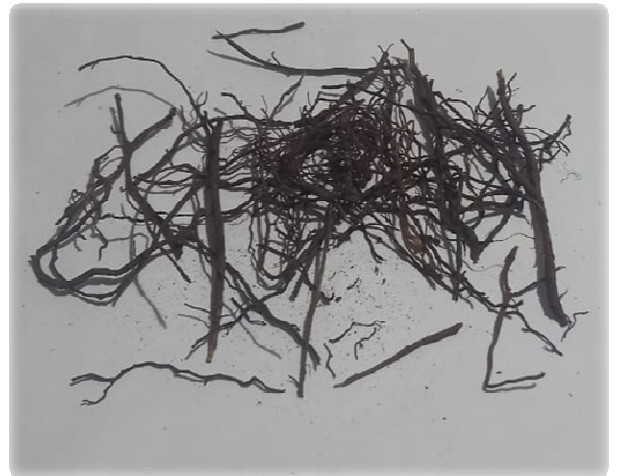
Realizando el muestreo de suelo agrícola del cultivo de palto



Toma de muestra de agua usada para el riego del cultivo de palto



Recolección de hojas y toma de muestra de raíces



Segunda recolección de hojas y frutas (paltas)



Segunda recolección de muestras de raíces y suelo agrícola



Modelo de envío de las muestras al Laboratorio para el análisis de los metales pesados en estudio

