UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA

EFECTO DE TRES DOSIS DE NUTRABIOTA EN EL CONTROL DE CADMIO (Cd) EN EL CULTIVO DE PALTA HASS (*Persea americana*), DISTRITO DE MORO, REGIÓN ANCASH

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AGRONOMO

RUBEN RUIZ SALGADO

Pucallpa, Perú

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de la tesis, presentado por **Rubén Ruiz Salgado,** DENOMINADA: **"Efecto de tres dosis de nutrabiota en el control de cadmio (Cd) en el cultivo de paltas Hass (Persea americana) Distrito de Moro, Región Ancash"**, para cumplir con el requisito de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos: APROBADO POR UNANIMIDAD con el calificativo (*) Dieciocho (18)

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: Título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, de conformidad con lo estipulado en Art. 10 del reglamento general de grados académicos, título profesional y título de segunda especialidad profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 30 de Julio de 2025.

Dr. Fernando Perez Leal
Presidente

M.Sc. Luis Alberto Díaz Sandoval
Primer Miembro

M.Sc. Jessica Madeley Ríos Guzmán
Segundo Miembro

M.Sc. José Antonio López Ucariegue
Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título de Ingeniero Agrónomo.

Dr. Fernando Perez Leal .....
PRESIDENTE

M.Sc. Luis Alberto Díaz Sandoval .....
PRIMER MIEMBRO

M.Sc. Jessica Madeley Ríos Guzmán .....
SEGUNDO MIEMBRO

M.Sc. José Antonio López Ucariegue .....
ASESOR

Bach. Rubén Ruiz Salgado .....
TESISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº V/335-2025.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"EFECTO DE TRES DOSIS DE NUTRABIOTA EN EL CONTROL DE CADMIO (Cd) EN EL CULTIVO DE PALTA HASS (*Persea americana*), DISTRITO DE MORO, REGIÓN ANCASH"

Autor(es)	:	RUIZ SALGADO, RUBEN
Facultad	:	CIENCIAS AGROPECUARIAS
Escuela	:	AGRONOMÍA
Asesor(a)	:	M.Sc. LOPEZ UCARIEGUE, JOSE ANTONIO

Presenta un **porcentaje de similitud de 1%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 02/07/2025

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Ruben Ruiz Salgado

Autor de la tesis titulada : EFECTO DE TRES DOSIS DE NUTRABIOTA EN EL CONTROL DE CADMIO (Cd) EN EL CULTIVO DE PALTA HASS (persea americana) DISTRITO DE MORO, REGION ANCASH

Sustentada el año 2025

Asesor(a): M.Sc. Jose Antonio Lopez Ucariegue

Facultad: Ciencias Agropecuaria

Escuela Profesional: Agronomia

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 10/08/2025

Email: henry.vdioncio@gmail.com Firma: ###

Teléfono: 919133249 DNI: 76781305

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA.

Dedico este trabajo con el corazón lleno de gratitud a quienes han sido fundamentales en cada paso de mi camino académico y personal.

A mis padres que son un ejemplo de mi mayor poder, perseverancia y amor incondicional. Gracias por todo el sacrificio silencioso, por las palabras de aliento, por sus oraciones y por estar siempre presentes, incluso en la distancia. Ustedes han sido mi motor, mi inspiración y mi refugio en los momentos difíciles. Este logro no hubiera sido posible sin su apoyo constante y su fe en mí.

A mis hermanos, por su compañía, por cada gesto de cariño, por sus bromas que aliviaron el estrés y por estar conmigo en los momentos de alegría y también en los de incertidumbre. Gracias por ser una parte esencial de mi vida y por brindarme siempre su confianza y apoyo.

A mis amigos, por compartir este viaje conmigo, por estar ahí cuando más los necesite, por su motivación y créeme. Gracias por su paciencia, por celebrar mis logros y por sostenerme en las caídas. Su amistad ha sido una fuente de energía y alegría a lo largo de este proceso.

AGRADECIMIENTO

La culminación de este trabajo refleja no solo el cierre de la escena académica, sino también el reflejo de los esfuerzos de muchas personas, que de alguna manera contribuyeron a mi entrenamiento y mi desarrollo como profesional.

Agradezco a mis padres por ser el gran apoyo de mi vida. Gracias por su amor incondicional, apoyo permanente y por enseñarme su ejemplo de esfuerzo, responsabilidades y honestidad.

Para mis hermanos que, con sus palabras de amor, compañía y estado de ánimo, me pasaron en este proceso. Gracias por estar presente en cada etapa de la carretera, por la risa compartida y por tener una comprensión y respirar a casa.

A mis amigos, quienes supieron estar cerca tanto en los buenos momentos como en los más complicados. Gracias por su apoyo emocional, por sus consejos sinceros, y por ser una red de contención invaluable durante esta etapa universitaria. Su presencia hizo más llevadero el camino.

A mis profesores, por transmitir no solo conocimientos, sino también pasión por la ciencia, compromiso ético y espíritu crítico. Gracias por sus enseñanzas, por motivarme a seguir aprendiendo, y por exigirme siempre dar lo mejor de mí. Cada uno de ustedes ha dejado una huella en mi formación.

Un agradecimiento muy especial al Ing. José Antonio López, mi asesor de tesis, por su guía, paciencia y compromiso durante todo el proceso de elaboración de este trabajo. Su experiencia, claridad y deseo de liderar cada paso del proyecto fue esencial para lograr este espectáculo. Gracias por creer en mis habilidades y brindar apoyo constante con la profesionalidad y la generosidad.

ÍNDICE GENERAL.

RESUMEN x

ABSTRACT.....xi

INDICE DE TABLAS.....xii

INDICE DE FIGURAS.....xiii

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 2

1.1. Descripción y fundamentación del problema..... 2

1.2. Formulación del problema general y específicos 3

1.2.1. Problema general……..……..3

1.2.2. Problemas específicos……...3

1.3. Objetivo general y objetivos específicos. 3

1.3.1. Objetivo general ……3

1.3.2. Objetivos específicos……..…3

1.4. Hipótesis..... 4

1.4.1. Hipótesis general……..4

1.4.2. Hipótesis especifica……..4

1.5. Operacionalización de las variables……...5

1.6. Justificación e importancia. 5

CAPITULO II: MARCO TEORICO 7

2.1. Antecedentes de la investigación……7

2.1.1. Antecedentes internacionales……7

2.1.2. Antecedentes nacionales……8

2.1.3. Antecedentes locales……..……8

2.2. Bases teóricas.....10

2.3. Definiciones conceptuales.....16

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....18

3.1. Método de investigación 18

3.2. Tipo y nivel de investigación 18

3.2.1. Población y muesttra……18

3.3. Componentes en estudio 18

3.4. Tratamientos en estudio.....19

3.5. Diseño experimental.....21

3.6. Ejecución del experimento.....23
3.6.1. Ubicación y duración del estudio.....23
3.6.2. Condiciones edáficas y ambientales 24
3.6.3. Proceso experimental.....25
3.6.4. Variables evaluadas.....28
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....29
4.1. Contenido de Cd en el suelo.....29
4.2. Contenido de Cd en el fruto de palta.....31
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....34
CAPITULO VI: CONCLUSIONES……..……...36
CAPITULO VII: RECOMENDACIONES……...37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....38
ANEXOS 43

RESUMEN

En nuestro país, existe una preocupación creciente por la decisión de la Unión Europea y el *Codex Alimentarius* para establecer limites más estrictos para los metales tóxicos como el Cadmio (Cd), en productos alimenticios, especialmente las paltas que han superado el límite de 0.05 mg/kg. En este sentido, nuestra investigación tuvo el propósito de abordar la problemática de la contaminación del metal pesado, instalando un ensayo en una parcela de 4 has de palto Hass de cuatro años de edad, localizada en la zona alta del distrito de Moro (Ancash), con el propósito de evaluar el efecto de la aplicación de tres dosis de Nutrabiota (2,0, 2,5 y 3,0 l por 500 l de agua), frente a un testigo, sobre la reducción del Cadmio en el suelo y en el fruto de palta Hass, bajo un diseño de BCA con 4 repeticiones. Las dosis se aplicaron en dos momentos, la primera a los 15 días después de la primera evaluación y la segunda a los 15 días después de la primera aplicación de las dosis de Nutrabiota. Las variables dependientes fueron identificadas como el contenido de Cd total en el suelo y en el fruto y se realizaron a los 15 días antes de la primera aplicación y la segunda, a los 15 días después de la segunda aplicación. Los resultados evidenciaron que, fue posible reducir el contenido de Cd en el suelo a un nivel de 0.52 mg/kg, mediante la aplicación del biofertilizante Nutrabiota a la dosis de 3 l por 500 l de agua, encontrándose en el umbral exigido por la Unión Europea y el *Codex Alimentarius*, que es de 0.5 mg/kg de suelo agrícola, mientras que, a pesar de haber logrado reducir el contenido de Cd en la pulpa de la fruta de palto de 0.85 a 0.38 mg/kg, aplicando Nutrabiota a la dosis de 3 l por 500 l de agua, no ha sido posible llegar al límite permisible exigido por la Unión Europea y el *Codex Alimentarius*, que es de 0.05 mg/kg de fruta de palto.

Palabras clave: palta, suelo, fruto, contaminación, Cd, Nutrabiota, dosis, reducción

ABSTRACT

In our country, there is growing concern about the decision of the European Union and the *Codex Alimentarius* to establish stricter limits for toxic metals such as cadmium (Cd) in food products, especially avocados, which have exceeded the limit of 0.05 mg/kg. In this sense, our research aimed to address the problem of heavy metal contamination by installing a trial in a 4-hectare plot of four-year-old Hass avocado trees, located in the upper area of the Moro district (Ancash), with the purpose of evaluating the effect of applying three doses of Nutrabiota (2.0, 2.5 and 3.0 l per 500 l of water), compared to a control, on the reduction of cadmium in the soil and in the Hass avocado fruit, under a BCA design with 4 replications. The doses were applied at two times: the first 15 days after the first evaluation and the second 15 days after the first application of Nutrabiota. The dependent variables were identified as total Cd content in the soil and fruit. These were measured 15 days before the first application and the second 15 days after the second application. The results showed that it was possible to reduce the Cd content in the soil to 0.52 mg/kg by applying the Nutrabiota biofertilizer at a dose of 3 l per 500 l of water, meeting the threshold required by the European Union and the *Codex Alimentarius*, which is 0.5 mg/kg of agricultural soil. However, despite having managed to reduce the Cd content in avocado fruit pulp from 0.85 to 0.38 mg/kg by applying Nutrabiota at a dose of 3 l per 500 l of water, it was not possible to reach the permissible limit required by the European Union and the *Codex Alimentarius*, which is 0.05 mg/kg of avocado fruit.

Keywords: avocado, soil, fruit, contamination, Cd, Nutrabiota, dose, reduction

INDICE DE TABLAS.

En el texto: **Pág**.

Tabla 1. Operacionalización de las variables…… 5

Tabla 2. Esquema de análisis de varianza…….. 21

Tabla 3. Contenido de Cd total en el suelo por tratamiento…… 29

Tabla 4. Contenido de Cd total en el fruto de palta por tratamiento….. 32

En el anexo:

Tabla 5A. ANVA de Cd en el suelo antes de la aplicación nutrabiota….. 46

Tabla 6A. ANVA de Cd en el suelo después de aplicación de nutrabiota…… 46

Tabla 7A. ANVA de reducción de Cd en el suelo por aplicación de nutrabiota……... 46

Tabla 8A. ANVA de Cd en el fruto antes de la aplicación de nutrabiota.. 47

Tabla 9A. ANVA de Cd en el fruto después de la aplicación de nutrabiota……... 47

Tabla10A. ANVA de reducción de Cd en fruto por aplicación de nutrabiota…… 47

INDICE DE FIGURAS.

En el texto:		**Pág.**
Figura 1.	Croquis del campo experimental……	22
Figura 2.	Distribución de plantas por unidad experimental…….	23
Figura 3.	Ubicación satelital de la parcela de investigación (Google eart)…….	24
Figura 4.	Resultados del análisis del suelo experimental…….	25
Figura 5.	Contenido de Cd en el suelo antes y después de la Aplicación ……...	30
Figura 6.	Contenido de Cd en la fruta de palta antes y después De la aplicación……	33

En el anexo:

Figura 7A.	Análisis especial del suelo……	44
Figura 8A.	Análisis especial en foliar……..	45
Figura 9A .	Recolección de muestras de suelo previo y posterior A la aplicación……	48
Figura 10A.	Recolección de muestras de fruto……...	48
Figura 11A.	Bomba con manguera de 50 mt y pistola de pulverización….	49
Figura 12A.	Limpieza y desinfección previo a la aplicación de Nutrabiota……...	49
Figura 13A.	Preparación de las distintas dosis de producto nutrabiota…..	50
Figura 14A.	Primera y segunda aplicación de nutrabiota…….	50

INTRODUCCIÓN

Según el informe presentado por la Agencia agraria de noticias (agraria.pe), en el Perú, existen 55.595 ha de palta certificadas, siendo las principales regiones productoras, La Libertad (16.885 ha), Lima (11.940 ha), Ica (11.885 ha), Lambayeque (11.222 ha) y Ancash (5 108 ha) y en el año 2024, nuestro país se posicionó como el segundo mayor exportador mundial de palta, con una producción nacional de 571,470.8 t, siendo Europa, el principal mercado para la palta peruana (Agraria.pe).

Sin embargo, actualmente se presenta una latente preocupación por el la exportación de este cultivo, debido a que, en el año 2022, se retiró un lote de paltas peruanas exportado a los Países Bajos a causa de niveles de Cd superiores a los permitidos. La Unión Europea había establecido límites más estrictos para los metales tóxicos en productos alimenticios, y las paltas peruanas contenían Cd en una proporción de 0.054 mg/kg, superando el límite de 0.05 mg/kg (la Republica.pe 2022).

Estudios sobre el contenido de Cd en el cultivo del palto destacan la preocupación por su ingreso en alimentos. Para ello se han utilizado herramientas desarrolladas por AGQ Labs para detectar zonas con altos niveles de Cd en suelos y frutos, y se encontró que, en las zonas de análisis georreferenciado de los suelos de Ica, Perú, los niveles del metal pesado estaban por debajo de 1.4 mg/kg, según lo establecido por el ECA (Bastidas, 2024)

Aunque no es sobre palta, es relevante mencionar que, en el año 2019, la Unión Europea implementó límites de Cd en el chocolate y el cacao. Un estudio en Perú demostró que el Cd en los granos de cacao depende de la concentración de Cd en el suelo. Este estudio es el mayor realizado hasta la fecha sobre el metal pesado y el, y mostró que la cantidad de absorción de Cd está directamente relacionada con la concentración de Cd en el suelo (Lubke y Atkinson, 2023)

CAPÍTULO I.
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1. Descripción y fundamentación del problema.

Varias instituciones como el MINSA (2005), han advertido sobre un grave problema ambiental que afecta al mundo: la contaminación por Cd. Este metal tóxico proviene de diversas actividades humanas, como los procesos productivos y las acciones cotidianas. Sus efectos adversos se manifiestan en la flora, fauna y en la salud humana.

En diferentes regiones de la costa peruana, se ha incrementado la presencia y disponibilidad de metales pesados en el suelo, el agua y el aire. Entre estos metales, el cadmio es objeto de estudio debido a su peligrosidad cancerígena

Esta contaminación por metales pesados puede afectar directamente la salud humana. Es importante considerar que estos metales pueden persistir en el suelo durante décadas, amenazando la calidad del suelo y la biodiversidad.

Algunos vegetales, como la palta, tienden a desarrollar mecanismos específicos cuando realizan la absorción, translocación y acumulación de metales pesados del suelo, así mismo esta, es la forma que ingresan en la cadena trófica. (Madueño, 2017)

En este contexto, es preciso desarrollar investigaciones para determinar los niveles del metal pesado en el suelo y en la fruta, así como establecer estrategias de manejo para la remediación del suelo, con el uso de fertilizantes orgánicos que permitan disminuir la concentración de Cd tanto en el suelo como en el fruto de palta.

1.2. Formulación del problema general y específicos

1.2.1. Problema general.

- ¿Es posible que diferentes dosis de Nutrabiota reduzcan el contenido de Cd en el cultivo de palto Hass en el distrito de Moro, región Ancash?

1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Es posible que aplicando Nutrabiota a las dosis de 2,0, 2,5 y 3,0 l por 500 l de agua, se reduzca el contenido de Cadmio en el suelo y en la fruta de palta Hass en el distrito de Moro, Región Ancash?

- ¿Es posible que por lo menos, una de las tres dosis de Nutrabiota reduzca el contenido de Cadmio en el suelo y en la fruta de palta Hass en el distrito de Moro, Región Ancash?

1.3. Objetivo general y objetivos específicos.

1.3.1. Objetivo general

- Determinar el efecto de la aplicación de Nutrabiota a diferentes dosis sobre la reducción del contenido de Cadmio en el cultivo de palta Hass en el distrito de Moro, región Ancash.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de las dosis 2,0, 2,5 y 3,0 l por 500 l de agua^{-1}de Nutrabiota en la reducción del contenido de Cadmio en el suelo y en la fruta de palta Hass en el distrito de Moro, región Ancash.

- Identificar la dosis de Nutrabiota que mejor reducción ejerza en el contenido de Cadmio en el suelo y en la fruta de palta Hass en el distrito de Moro, región Ancash.

1.4. Hipótesis.

1.4.1. Hipótesis general.

- La aplicación de diferentes dosis de Nutrabiota permitirá reducir el contenido de Cadmio en el cultivo de palta Hass en el distrito de Moro, región Ancash.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La aplicación de las dosis 2,0, 2,5 y 3,0 l por 500 l de $agua^{-1}$ de Nutrabiota permitirá reducir los niveles de Cadmio en el suelo y en la fruta de palta Hass en el distrito de Moro, región Ancash.

- Al menos una de las tres dosis de Nutrabiota puede reducir los niveles de Cadmio en el suelo y en la fruta de palta Hass en el distrito de Moro, región Ancash.

1.5. Operacionalización de las variables.

Tabla 1.

Operacionalización de las variables estudiadas.

Variables	Definición de variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medición
Independiente	Dosis de Nutrabiota	Dosis de aplicación foliar	T1 = testigo (sin aplicación) T2 = 2 l de Nutrabiota/500 l de agua T3 = 2.5 l de Nutrabiota/500 l de agua T4 = 3.0 l de Nutrabiota/500 l de agua	L de Nutrabiota/l de agua
Dependiente	Contenido de Cd	Propiedades químicas	Cd total en el suelo al inicio y al final Cd total en el fruto al inicio y final	mg/kg
Interviniente	Historia de campo	Propiedades químicas	Bases intercambiables en el suelo	Cmol/kg
	Datos climáticos		Temperatura, Precipitación, Humedad relativa	°C mm %

1.6. Justificación e importancia.

La Unión Europea (UE), uno de los mayores mercados para las exportaciones de frutas, ha implementado estrictas regulaciones para los niveles de cadmio en productos agrícolas. En enero de 2019, actualizó sus límites máximos permitidos de Cd en frutas y hortalizas, estableciendo valores específicos para diferentes categorías de alimentos. Por ejemplo, para los vegetales de raíz y tubérculos, el límite es de 0.04 mg/kg, mientras que, para otras frutas frescas, incluyendo los paltos, se establece en 0.05 mg/kg.

Estas normas tienen como objetivo, proteger la salud de los consumidores y a la vez, garantizar que, los productos que ingresan al mercado europeo cuenten con los estándares de seguridad alimentaria. Para los exportadores de paltos, esto implica una vigilancia constante y el control de los niveles de cadmio en sus productos antes de exportarlos a la UE.

Para mitigar estos riesgos, los agricultores y exportadores de paltos están adoptando prácticas agrícolas sostenibles y tecnologías avanzadas de monitoreo del suelo. Estas incluyen el uso de fertilizantes orgánicos certificados, la rotación de cultivos para reducir la acumulación de cadmio y la implementación de sistemas de filtración de agua que eliminen contaminantes (AGQLabs, 2024).

La tendencia hacia una mayor transparencia y sostenibilidad en la cadena de suministro está impulsando a los productores de paltos a invertir en investigación y desarrollo. Se están explorando variedades de paltos que sean menos propensas a absorber Cd y el uso de técnicas de remediación del suelo, como la fitorremediación, para reducir la contaminación.

Además, la certificación orgánica y otros estándares de sostenibilidad están ganando terreno en el mercado, ofreciendo una ventaja competitiva a los productores que puedan demostrar prácticas limpias y seguras. Los consumidores, cada vez más conscientes de la seguridad alimentaria y el impacto ambiental, están dispuestos a pagar un precio premium por productos que cumplen con estos criterios.

El control del Cd en la producción de paltos es un desafío continuo que requiere colaboración entre agricultores, científicos, reguladores y exportadores. Las estrictas regulaciones de mercados clave como la UE están impulsando mejoras en las prácticas agrícolas y fomentando la innovación en la industria. Para los productores y empresas exportadoras de paltos, es muy importante, mantenerse informados y adaptarse a estas tendencias, de modo que se pueda asegurar la competitividad y sostenibilidad de sus productos en el mercado global (AGQLabs, 2024)

En respuesta a los resultados obtenidos en la evaluación de contaminación por metales pesados se puede sugerir la aplicación de técnicas de remediación con efectos de corto o largo período de restauración (Munive, 2018).

CAPITULO II.
MARCO TEORICO.

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.1. Antecedentes internacionales.

En el año 2021, un estudio realizado en México encontró que las paltas cultivadas en ciertas regiones presentaban niveles de Cd superiores a los límites permitidos por la Unión Europea. Este estudio destacó la necesidad de monitorear y gestionar los niveles del metal pesado en los suelos agrícolas para asegurar la seguridad alimentaria (La Republica.pe 2021).

Por otro lado, Barrezueta *et al;* (2021), efectuó un ensayo en la provincia Los Ríos (Ecuador), para establecer los niveles de Cadmio (Cd) en hojas, testa y grano de cacao de los clones Nacional y CCN51 y, mediante absorción atómica se determinó los contenidos de Cadmio (Cd), demostrándose que, los promedios del metal pesado registraron 2.59 mg kg^{-1} en hojas, 2.36 mg kg^{-1} en testa y 1.93 mg kg^{-1} en almendra. Los niveles se relacionan especialmente con el pH ácido del suelo, siendo el principal factor que pudo incidir en los valores, así como el nivel medio de P presumiblemente adicionado en la fertilización.

A su vez, un informe del año 2020, reveló que algunas paltas exportadas desde Chile a Europa contenían Cd en concentraciones que superaban los límites establecidos. Este hallazgo llevó a una revisión de las prácticas agrícolas y a la implementación de medidas para reducir la absorción de cadmio por las plantas (Bastidas, 2024).

Asimismo, en Israel, un estudio del año 2019, investigó la acumulación de Cd en paltas y encontró que los niveles del metal pesado en los frutos estaban influenciados por la concentración de Cd en el suelo y las prácticas de fertilización. Los resultados subrayaron la importancia de controlar las fuentes de este metal en la agricultura (Fresh fruit, 2021).

2.1.2. Antecedentes nacionales.

Bastidas (2024), evaluó en Ica, las zonas con alto nivel de Cd en suelos y frutos de palto, mediante el uso de herramientas desarrolladas por AGQ Labs para interpretar la base de datos, manipular el alto número de datos y elaborar diagnósticos, con el historial de las parcelas de palto. Los resultados demostraron que, en los suelos de Ica se han encontrado rangos bajos, medios y altos de Cd (por debajo de 1.4 mg/kg), según lo establecido por el ECA.

Por su parte, Castro (2024), evaluó en Ica, el efecto del biochar producido por la biomasa de la poda de plantaciones de palto para su uso como enmienda orgánica en la inmovilización de metales pesados, como As, Pb y Cd, en la parte superficial del suelo. Los resultados evidenciaron que, la poda de palto presentó escasos niveles de humedad y altos de lignina, mientras que el biochar presentó un alto contenido de C orgánico fijo, baja densidad aparente, pH alcalino y capacidad de adsorción de grupos funcionales, sin metales (As, Pb y Cd) ni cianuro.

Asimismo, Quispe *et al.,* (2023), analizó en Luricocha (Ayacucho), la concentración de los metales Pb y Cd en los suelos cultivados con cerca de 140 ha de palto. Los resultados evidenciaron que, la textura arcillosa contiene mayores niveles de Pb (49,23 mg/kg), seguido por un suelo franco arcilloso (45,71 mg/kg); respecto al Cd, las mayores concentraciones se presentan en los suelos franco arcilloso y arcillosa con 0,331 y 0,330 mg/kg.

2.1.3. Antecedentes locales.

Tamani (2023), ejecutó un ensayo en una parcela de cacao clon CCN 51 de 8 años de edad, ubicada en el distrito de Campo Verde Ucayali, para evaluar el contenido de Cd total en el grano de cacao por el tipo de fermentación (en cajón de madera y en saco de yute) y el tipo de secado (en manta y en piso). Los resultados indican que, se presentaron diferencias significativas cuando se fermentó el grano de cacao en cajón de madera y

secado en manta con 0.36 mg kg^{-1}, comparado con 0.31 mg de Cd kg^{-1} para grano fermentado en saco de yute y secado en manta. Igualmente, el contenido de Cd total en grano de cacao fermentado en cajón de madera y en saco de yute y secado en piso en ambos casos, determinó diferencias estadísticas con 0,34 y 0.26 mg de Cd kg^{-1}, cada uno. Por otro lado, se presentaron diferencias significativas cuando se comparó la fermentación de grano de cacao en cajón de madera y secado en manta, con la fermentación de grano en saco de yute secado en piso, con 0.37 y 0.26 mg de Cd kg^{-1}, cada uno.

A su vez, Daza (2023), desarrolló un ensayo en una parcela de cacao en el sector Tahuantinsuyo Padre Abad, para evaluar el efecto de diferentes dosis de roca fosfórica sobre el contenido de Cadmio (Cd) extractable en el suelo y total en el grano de cacao. Los tratamientos probados fueron 100, 200, 300 y 400 g de roca fosfórica y un testigo sin aplicación, demostrándose que, las aplicaciones de 300 y 400 g del fertilizante fosforado por planta de cacao, influyeron positivamente en la reducción del contenido de Cd en el suelo y en el grano de cacao, y esta respuesta significativa se sustenta por la acción del Ca y el P presentes en la roca fosfórica y aplicados al suelo a través de diferentes dosis.

Por su parte, Marín (2022) evaluó la influencia del método de limpieza (MLP) con fertilización orgánica e inorgánica en la remediación del contenido de Cd en el suelo y granos de cacao en Ucayali, mediante los siguientes tratamientos: (T1) sin MLP + manejo orgánico, (T2) con MLP + orgánico, (T3) sin MLP + manejo inorgánico y (T4) con MLP + manejo inorgánico, bajo un diseño de bloques completos al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Los resultados indican que, ninguno de los tratamientos tuvo influencia en el nivel de Cd en el suelo de las parcelas evaluadas a los 10, 20 y 40 cm de profundidad, a los 30, 60 y 120 días de evaluación, sin embargo, se encontró diferencias significativas entre los tratamientos T2, T3 y T4 frente al testigo (T1) a los 60 días de evaluación. lo que indica que el MLP si influye en elcontenido de Cd en los granos.

Finalmente, un estudio del año 2021, realizado en la región Áncash, encontró que los niveles de Cd en los suelos agrícolas eran preocupantes. Se analizaron muestras de suelo y frutos de palta, encontrando concentraciones de cadmio que superaban los límites permitidos por la normativa internacional. Este estudio subrayó la necesidad de implementar prácticas agrícolas sostenibles para reducir la contaminación por metales pesados (La Republica.pe, 2021).

2.2. Bases teóricas.

Origen de la especie.

El palto (*Persea americana* Mill.) es un frutal subtropical de hoja perenne nativo de América Central y de México donde fue domesticado y cultivado desde tiempos remotos. El palto Hass es el cultivar de mayor importancia comercial en Perú y en otros países del mundo de clima subtropical como Nueva Zelanda, Chile, México, Estados Unidos, España, Australia, Sudáfrica e Israel. Fue seleccionado por Rudolf Hass en Glabra Heights (California) y proviene de la raza guatemalteca y presenta genes mexicanos. (Gardiazábal & Wilhelmy, 1995).

Clasificación taxonómica.

El palto pertenece a la familia de las Lauráceas incluida en el orden Laurales, dentro de las Angiospermas basales (Whiley *et al.,* 2007).

Según el autor, la palta se clasifica de la siguiente manera.

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Laurales
Familia: Lauraceae
Género: Persea

Especie: *Persea americana Mill*.

Descripción botánica.

Es un árbol extremadamente vigoroso (tronco leñoso con ramificaciones vigorosas), pudiendo alcanzar hasta 30 m de altura. El sistema radicular es superficial y muy sensible al exceso de humedad. El género *Persea* consta de unas 50 especies, entre las cuales está el palto (Chandler, 1962).

El palto Hass es menos añero que otras especies frutales y presenta un crecimiento erecto de desarrollo mediano y precoz. Logra cosechas al segundo o tercer año. Su floración dura alrededor de tres meses, desde mediados o hacia fines de primavera, presentando un patrón de floración tipo A. Sus frutos son botánicamente una baya, de forma ovalada, con un peso que va de 150 a 400 g y de 8 a 10 cm de largo. La cáscara es rugosa, de color verde que se oscurece al madurar, tornándose negra. La calidad organoléptica se clasifica como muy buena y contiene entre 15 a 20% de aceite (Robles, 1996).

Requerimientos edafoclimáticos.

Temperatura. La temperatura normal para el desarrollo del cultivo del palto oscila entre 17 a 24 °C, y de 28 °C a 33 °C como máxima para el amarre de frutos. (INTAGRI, 2019).

Humedad. El palto necesita un régimen de precipitación pluvial entre 1000 a 2000 mm, y debe incrementarse para lograr las cualidades organolépticas del fruto

(INTAGRI, 2019).

Suelo. Es recomendable suelos de textura franca y con buena cantidad de materia orgánica, La textura y la profundidad son determinantes para

retener la humedad del suelo y puede producir buenos rendimientos en suelos con 30 a 40 cm de profundidad (INTAGRI, 2019).

pH. La palta crece óptimamente en un pH entre 5.5 a 7.0 y se considera sensible a la salinidad (a una CE mayores a 3 dS/M), ya que pueden producir quemaduras en las hojas y producir defoliación (INTAGRI, 2019).

Requerimientos nutricionales

El árbol de palto necesita absorber macro y micronutrientes para obtener un óptimo crecimiento y calidad. El Ca es uno de los elementos más importantes puesto que les permite mayor resistencia a problemas de estrés y desórdenes fisiológicos. Desde un punto de vista técnico, el palto necesita 80 a más unidades de (Ca) por ha para la producción de 20 t de fruta (Agraria.pe, 2019).

La deficiencia de Fe involucra una clorosis intervenal en las hojas y su síntoma se expresa en las más jóvenes, por la lenta traslocación desde las hojas más viejas. (Lahav y Whiley, 2002).

La deficiencia de Zn es conocida en el palto se presenta con necrosis en las hojas pequeñas hasta reducir el tamaño original. Asimismo, la deficiencia de Zn influye en el rendimiento y calidad del fruto, por las deformaciones que produce (Ferreyra *et al*., 2008)

El cadmio en el suelo y en la fruta de palto

En el año 2022, se retiró un lote de paltas peruanas en los Países Bajos debido a niveles de Cd superiores a los permitidos. La Unión Europea había establecido límites más estrictos para los metales tóxicos en productos alimenticios, y las paltas peruanas contenían Cd en una proporción de 0.054 mg/kg, superando el límite de 0.05 mg/kg (La Republica.pe 2022).

Por otro lado, un estudio reciente abordó la concentración de Cd en la fruta de palto, destacando la preocupación por su ingreso en alimentos. Se utilizaron herramientas desarrolladas por AGQ Labs para detectar zonas con altos niveles de Cd en suelos y frutos, y se encontró que, en las zonas de análisis georreferenciado de los suelos de Ica, Perú, los niveles del metal pesado estaban por debajo de 1.4 mg/kg, según lo establecido por el ECA (Bastidas, 2024)

De igual modo, un estudio efectuado en el 2021, en la región de Áncash encontró que los niveles de Cd en los suelos agrícolas eran preocupantes. Se analizaron muestras de suelo y frutos de palta, encontrando concentraciones de cadmio que superaban los límites permitidos por la normativa internacional. Este estudio subrayó la necesidad de implementar prácticas agrícolas sostenibles para reducir la contaminación por metales pesados (La Republica.pe, 2022).

Los niveles máximos permisibles (NM) en concentración de metales pesados en alimentos, propuestos por la Unión Europea y la FAO, respecto a las hortalizas y frutos que incluyen al palto, han sido fijados en 0,05 $mg.kg^{-1}$ y 0,1 $mg.kg^{-1}$ para Cd y Pb respectivamente (Santander *et al*., 2021)

Reglamentación sobre niveles de metales pesados en frutas

Se ha determinado que los metales pesados presentes como sustancias simples o combinadas, son causantes de una alteración ambiental por su no biodegradabilidad, movilidad, biodisponibilidad y toxicidad que afectan la fisiología de todo ser vivo; muchos de ellos, como: Cu, Se y Zn, tienen importancia bioquímica, en los niveles moderados de concentración, para todo ser vivo, sin embargo, otros no tienen y solo producen toxicidad, tal es el caso de: Cd, Pb, As y Hg (Tun Canto *et al*., 2017)

Aunque no es sobre palta, es relevante mencionar que, en 2019, la Unión Europea implementó límites de Cd en el chocolate y el cacao. Un estudio en Perú demostró que el Cd en los granos de cacao depende de la concentración

de Cd en el suelo. Este estudio es el mayor realizado hasta la fecha sobre el metal pesado y el, y mostró que la cantidad de absorción de Cd está directamente relacionada con la concentración de Cd en el suelo (Lubke y Atkinson, 2023)

Nutrabiota

Es un tipo de enmienda orgánica líquida formada por sustancias húmicas para su uso bioestimulante, como un alimento nitrogenado fosfo-cálcico –férrico; actuando bajo la forma de un estabilizador o amplificador de nutrientes esenciales, promotor del crecimiento de las plantas, activador de la vida o microbiota del suelo, y acondicionador de suelos agrícolas. Su intenso color marrón oscuro es producto de su riqueza en ácidos húmicos y fúlvicos derivado de materia orgánica y obtenida por extracción biológica (AGRIS SRL 2018).

Tecnología Nutrabiotica

La Tecnología Nutrabiótica no emplea "sales" lo que lo diferencia de todos los demás fertilizantes del mercado. Nutrabiota usa bioinsumos de fuentes biológicas y orgánicas ricos en nutrientes bioactivados y bioenergéticos, lo que es ideal para suelos básicos o salinos de la costa peruana. Los parámetros de estabilidad son un medio ácido con pH: 3.38 estabilizado con ácido láctico, una conductividad eléctrica: 19.10 dS/m de ácidos orgánicos débiles, y una materia orgánica en solución: de 63.5 g/L., carbono orgánico, 25.26 %. Nitrógeno total (5.95 %): o N total (0.868 g/L), a la vez, Nutrabiota tiene una relación C/N igual a 4.24 sobre materia seca (AGRIS SRL 2018).

Enmiendas Nutrabioticas

AGRIS SRL (2018) se refiere a una serie de efectos bioestimulantes de las sustancias húmicas como humatos de calcio sobre las plantas de cultivo. La Enmienda Nutrabiótica incrementa los nutrientes del suelo año tras año

acompañando al árbol o cultivo en su crecimiento y aumentan su productividad, sanidad y calidad. Sus presentaciones son de 1, 4, 5 y 20 litros de capacidad.

Beneficios del empleo de Nutrabiota

Detoxifica metales pesados y químicos, estabiliza urea y otras fuentes de nitrógeno, compleja o quelatiza todo nutriente mineral, promueve y alimenta hongos benéficos, mejora la bio-estructura del suelo, realza el desarrollo de las raíces y aumenta la absorción de nutrientes por las raíces para uso de las plantas.

Usos (según la Ficha Técnica del producto)

Nutrabiota es un mejorador para incrementar el rendimiento y la calidad del suelo y los cultivos, además de ser un inductor de brotes nuevos de ramas de frutales y de raíces nuevas en el suelo

Nutrabiota® mejora las condiciones de disponibilidad inmediata de nutrientes de la materia orgánica del suelo, abonos y fertilizantes, así como de la asimilación del N por las plantas, y de la alimentación adecuada para los microorganismos naturales del suelo.

Es a la vez un compuesto de macronutrientes biodisponibles rápidamente, rico en ácidos húmicos y fúlvicos y su reducido pH acidifica el agua para mejorar la eficacia de las pulverizaciones foliares y el fertirriego.

Composición física y química del Nutrabiota

pH: entre 3.31 a 3.7 7
Conductividad eléctrica: 19400 a 22000 us/cm
Materia orgánica total: 74.20 %
Soluciones húmicas en solución: 3.42 %

Ácidos húmicos: 0.23 %

Ácidos fúlvicos: 2.98 %

Huminas:0.14 %

Relación C/N: 11

Porcentaje de humus lábil: 26.2 %

Porcentaje de humus estabilizado: 73.8 %

Carbono orgánico total: 43.13 %

Carbono orgánico en solución: 2.69 %

2.3. Definiciones conceptuales.

Suelo agrícola

En agricultura, el suelo agrícola se refiere a la capa superficial de la Tierra que es utilizada para el cultivo de plantas. Es la base para la producción de alimentos y otros productos agrícolas, proporcionando soporte, nutrientes y agua a las plantas. Un suelo agrícola ideal debe tener una buena estructura, ser fértil y permitir un buen desarrollo de las raíces.

Contaminación del suelo por metales pesados

La contaminación del suelo por metales pesados es un problema ambiental grave que afecta la salud de los ecosistemas y la salud humana. Los metales pesados, como el cadmio, el plomo y el mercurio, pueden ingresar al suelo a través de diversas actividades humanas y, una vez allí, pueden persistir durante largos períodos de tiempo, causando daños a largo plazo. Es la base para la producción de alimentos y otros productos agrícolas, proporcionando soporte, nutrientes y agua a las plantas. Un suelo agrícola ideal debe tener una buena estructura, ser fértil y permitir un buen desarrollo de las raíces Los metales pesados, como el cadmio, el plomo y el mercurio, pueden ingresar al suelo a través de diversas actividades humanas y, una vez allí, pueden persistir durante largos períodos de tiempo.

Metal pesado

Los metales pesados son elementos químicos, generalmente metálicos, que tienen una alta densidad y peso atómico. Son conocidos por su potencial toxicidad para los seres humanos y el medio ambiente, especialmente en altas concentraciones. Algunos ejemplos comunes incluyen el mercurio, plomo, cadmio y arsénico**.**

Cadmio en palto

El cadmio es un metal pesado que puede encontrarse en el suelo y ser absorbido por las plantas, incluyendo los paltos. Las causas de su presencia en los suelos agrícolas pueden variar, incluyendo contaminación por actividades industriales, uso de fertilizantes fosfatados o procesos naturales. Una vez en el suelo, el cadmio puede ser absorbido por las raíces de las plantas y transportado a sus frutos.

Limites permisibles de Cd en frutas y hortalizas

La Unión Europea ha establecido límites máximos permitidos para el cadmio (Cd) en alimentos, incluyendo frutas. Estos límites son: 0,05 mg/kg para frutas y 10 µg/kg para vegetales Estos límites se consideran como niveles máximos permisibles para la seguridad alimentaria, según el Reglamento 2021/1317 de la Unión Europea (Reyes *et al*, 2016).

Las causas de su presencia en los suelos agrícolas pueden variar, incluyendo contaminación por actividades industriales, uso de fertilizantes fosfatados o procesos naturales. Una vez en el suelo, el cadmio puede ser absorbido por las raíces de las plantas y transportado a sus frutos.

CAPÍTULO III.
METODOLOGÍA.

3.1. Método de investigación

El método de investigación fue científico y cuantitativo, con la finalidad de verificar la hipótesis planteada mediante mecanismos estadísticos previamente establecidos en el proyecto de investigación.

3.2. Tipo y nivel de investigación

La investigación fue de tipo experimental, porque se manipularon las cantidades aplicables del producto mitigante Nutrabiota, de forma intencional con el objetivo de obtener el resultado, al controlar los niveles de Cd en el suelo y en el fruto de palta.

3.2.1. Población y muestra

La población consta de 4 ha de palto Hass de 4 años de edad, sembrada en sistema cuadrado, a un distanciamiento de 3 m x 3 m, lo que hace un total de 1111 plantas por ha y 4444 plantas en forma total.

La muestra estuvo compuesta de 64 plantas de palto Hass de 4 años de edad, de las cuales 4 plantas netas corresponden a cada una de las 16 unidades experimentales

3.3. Componentes en estudio

Por tratarse de una investigación de tipo cuantitativa y experimental, las dosis probadas de Nutrabiota fueron establecidas en función de las recomendaciones comerciales del producto aplicado en la zona, mientras que, las variables dependientes fueron asignadas según el efecto de los diferentes dosis de Nutrabiota sobre la reducción del contenido de Cadmio en el suelo y

en el fruto de palto, a los 15 días antes de la primera aplicación y a los 15 días después de la segunda aplicación de las diferentes dosis del producto.

3.4. Tratamientos en estudio

Variables independientes: Dosis de Nutrabiota

T1 = Testigo sin aplicación
T2 = 2.0 litros de Nutrabiota /500 litros de agua
T3 = 2.5 litros de Nutrabiota /500 litros de agua
T4 = 3.0 litros de Nutrabiota /500 litros de agua

Variables dependientes: niveles de Cd

Contenido de Cd en el suelo
Contenido de Cd en fruto de palta

Operacionalización de variables

En primer lugar, se realizó el alineamiento del campo experimental, tomando en cuenta a los cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Luego, se señaló con cinta plástica, las plantas netas de palto Hass que fueron evaluadas por el efecto de la aplicación foliar de diferentes dosis de Nutrabiota.

Previo a la aplicación de las dosis de Nutrabiota, se extrajo cuatro (4) muestras de suelo a los 30 cm de profundidad, de 200 g de peso (una por cada tratamiento) en la parcela experimental, las cuales una vez secadas y tamizadas, fueron enviadas al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para su posterior análisis por el contenido de Cd intercambiable.

En este lapso, también, se procedió a extraer diez frutos de palto de la parte central de cada planta, por cada tratamiento y repetición, y luego en el

Laboratorio se efectuó el corte y extracción del mesocarpio de fruto, para secarlo, molerlo y obtener una muestra homogénea de 200 g, la cual una vez identificada fue enviada al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para su posterior análisis por el contenido de Cd total.

La aplicación de las dosis de Nutrabiota se aplicaron en dos ocasiones, la primera, a los quince días después de haber extraído las muestras de suelo y de fruto de palto y la segunda aplicación se efectuó a los 15 días después de la primera aplicación de las dosis de Nutrabiota.

Posteriormente, a los 15 después de la segunda aplicación de las dosis de Nutrabiota, se extrajo cuatro (4) muestras de suelo a los 30 cm de profundidad, de 200 g de peso (una por cada tratamiento) en la parcela experimental, las cuales una vez secadas y tamizadas, fueron enviadas al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para su posterior análisis por el contenido de Cd intercambiable.

En este momento, también, se cosechó al azar, diez frutos de palto de la parte central de cada planta, por cada tratamiento y repetición, y luego en el Laboratorio se efectuó el corte y extracción del mesocarpio de fruto, para secarlo, molerlo y obtener una muestra homogénea de 200 g, la cual una vez identificada fue enviada al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para su posterior análisis por el contenido de Cd total.

Una vez obtenidos los resultados, se procedió a su interpretación de acuerdo a los estándares que tienen el Codex Alimentarius y La Unión Europea, sobre limites permisibles de Cd en el suelo y en la pulpa de la fruta de palto, respectivamente.

Los resultados de los correspondientes análisis de suelo y de fruto antes y después de la aplicación de las dosis de Nutrabiota fueron procesados mediante el paquete estadístico SAS, el cual incorporó los resultados del análisis de variancia y las respectivas pruebas de medias según Duncan al 0.05 nivel de significación.

3.5. Diseño experimental

Para analizar el comportamiento de las dosis de Nutrabiota sobre el contenido de Cd en el suelo y en el fruto de palto, se usó el diseño de Bloques completos al azar (DBCA) con cuatro (4) tratamientos y cuatro (4) repeticiones haciendo un total de 16 unidades experimentales, cada unidad experimental contó con plantas y para efectuar las comparaciones entre tratamientos, se usó la prueba de medias de Duncan al 0,05, siendo el Modelo Aditivo Lineal el siguiente:

$$Yij = U + Ti + Bj + Eij$$

Yij = Observación de la ij-ésima observación.
U = Media general de todas las observaciones.
Ti = Efecto del i-ésimo tratamiento en estudio.
Bj = Efecto de la j-esima repetición en estudio
Eij = Efecto aleatorio o error asociado a la Yij observación

Tabla 2. Esquema del análisis de varianza (ANVA)

Fuente de variabilidad	Grados de libertad
Repeticiones	4 - 1 = 3
Tratamientos	4 – 1 = 3
Error	(4-1 (4-1) = 9
Total	(4) (4) - 1 = 15

Dimensiones del ensayo

Del área total

Largo: 36.0 m

Ancho: 60.0 m

Área: 2160.0 m^2

Número total de plantas del ensayo: 256 plantas

De las repeticiones

Largo: 60.0 m

Ancho: 9.0 m

Área: 540.0 m^2

Número de plantas por repetición: 64 plantas

De las unidades experimentales

Largo: 15.0 m

Ancho: 15.0 m

Área: 225.0 m^2

Número de plantas por unidad experimental: 16 plantas

Número de plantas netas por unidad experimental: 4 plantas

Figura 1. Croquis del campo experimental

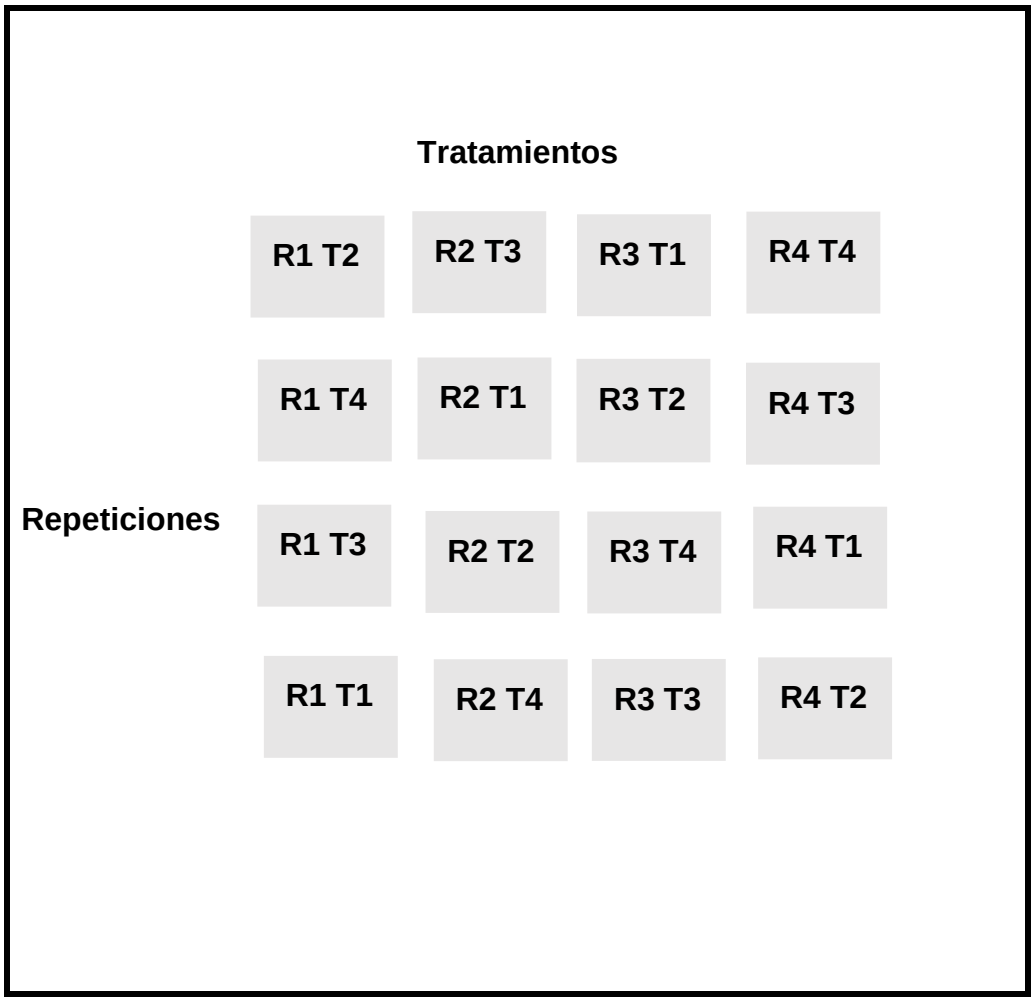
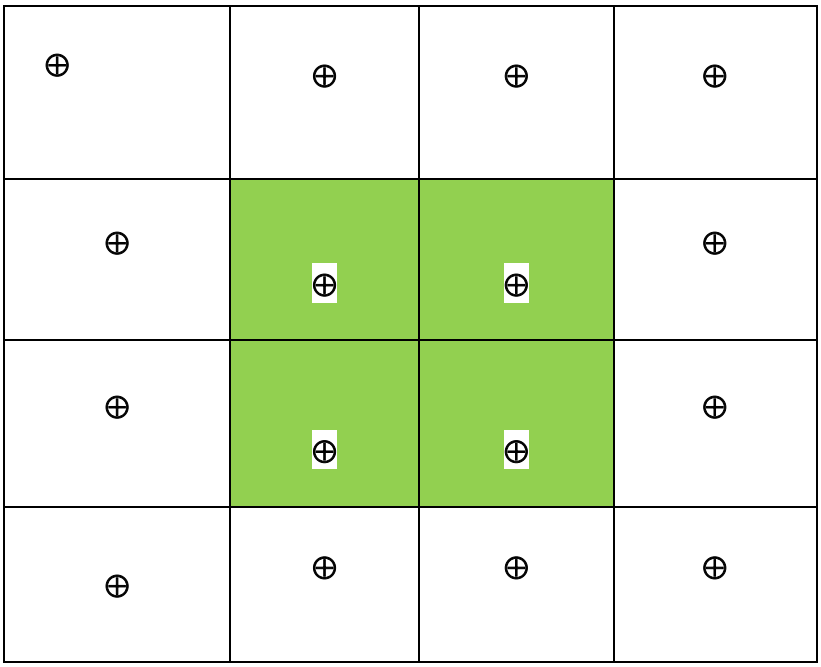


Figura 2. Distribución de plantas por unidad experimental



3.6. Ejecución del experimento.

3.6.1. Ubicación y duración del estudio.

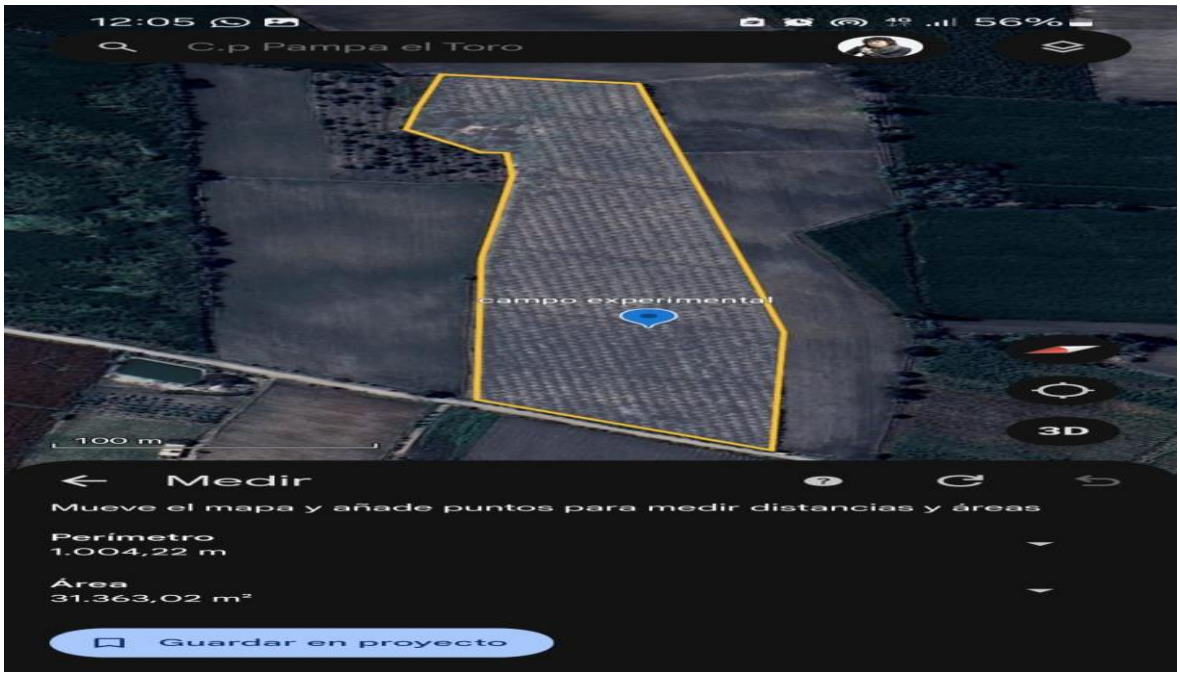
Ubicación

El ensayo se desarrolló en una parcela de 4 has de palto Hass de cuatro años de edad, localizada en la zona alta del distrito de Moro, provincia de Santa, en la región Ancash, cuya ubicación georreferenciada es la siguiente:

Latitud Sur: 9°06'22.8"S
Longitud Oeste: 78°07'35.8"W
Altitud: 830 msnm

Figura 3.

Ubicación satelital de la parcela de investigación (Google eart)



Duración del ensayo

Respecto a la duración del ensayo, la investigación se desarrolló en un plazo de 8 meses, iniciándose con la aprobación del perfil de tesis y la ejecución y la posterior sustentación del Informe final de tesis.

3.6.2. Condiciones edáficas y ambientales

Conforme se observa en la Figura 2, el suelo experimental tiene una textura franco arenosa con 66 % de arena, un pH ligeramente alcalino (7.6), escasa materia orgánica (1.02 %), así como bajos niveles de P y K disponibles (3.6 y 140 ppm).

Respecto a la Capacidad de intercambio catiónico, su valor fue de 8.64 meq/100 g, predominando el catión Ca cambiable con 7.2 meq/100 g, mientras que, la concentración de Al fue de 0.00 m,eq/100 g de suelo y el

contenido de Na fue de 0.14 meq/100 g de suelo y el porcentaje de saturación de bases fue de 100 %. Figura 4.

Figura 4.

Resultados del análisis del suelo experimental

pH (1:1)	C.E.(1:1) dS/m	$CaCO_3$(%)	M.O. (%)	P (ppm)	K(ppm)	Análisis Mecánico Arena %	Limo %	Arcilla %
7.3	0.84	<0.10	1.02	3.6	140	66	26	8

Clase textural	C.I.C	Cationes Cambiables					Suma de cationes	Suma de Bases	% Sat De Bases
		Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^{+}	Na^{+}	$Al^{+3}+H^{+}$			
	meq/100 g								
Fr.A.	8.64	7.2	1.15	1.15	0.14	0.00	8.64	8.61	100

Por otro lado, con relación al clima, la temperatura máxima promedio diaria es mayor a 27 °C. El mes más cálido del año en el distrito de Moro es marzo, con una temperatura máxima promedio de 27 °C y mínima de 20 °C. El mes más frío del año en Moro es noviembre, con una temperatura mínima de 18 °C y máxima de 26 °C. Asimismo, la temporada de lluvia dura 3.5 meses y siendo una zona de clima seco, el mes con más lluvia en Moro es marzo, con un promedio de 15 mm de lluvia (Weather Spark. 2025)

3.6.3. Proceso experimental.

En primer lugar, se detalla los materiales y equipos usados en el ensayo:

Materiales y equipos

Bomba estacionaria
Manguera de 400 metros
Nutrabiota
Gasolina

Alicate
Alambre
Pala
Pico
Lampa
Machete
Pulverizadora de 20 litros
Bolsa
Brújula
Spray rojo
Costales
Guantes de látex
Botas negro
Overol
Mascara
Lentes
Libreta de campo

Por otro lado, la conducción del ensayo contempló las siguientes actividades:

Adquisición de insumos. Se realizó el recojo del producto Nutrabiota de una empresa dedicada a la comercialización del insumo

Alineamiento del ensayo. Se realizó la verificación del terreno, delimitación y preparación de terreno en las áreas donde se trabajó el ensayo

Muestreo inicial de suelo y fruto de palto. Se tomo una muestra compuesta de suelo de los primeros 20 cm de profundidad del suelo, el cual una vez molido y tamizado, fue colocado en una bolsa ziploc para su posterior envío al Laboratorio de Suelos de la Universidad Agraria La Molina (Lima), a efectos de terminar el contenido de Cd en el suelo sembrado con palto.

Para el caso del fruto de palto, se seleccionaron al azar 10 frutos de palto por cada unidad experimental, con características similares, los cuales se

embolsaron convenientemente y una vez identificada la muestra se envió al Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad Agraria La Molina (Lima), para su posterior análisis por el contenido De Cd en pulpa de palto.

Aplicación de dosis de Nutrabiota. Una vez seleccionadas las parcelas a aplicar las dosis de Nutrabiota, se midió la cantidad del biofertilizante foliar por bomba de mochila, según la dosis de cada tratamiento, procediéndose luego a aplicar sobre el área foliar de cada planta, tratando de uniformizar adecuadamente la aplicación sobre la biomasa foliar de la planta de palto. Esta actividad se realizó en dos oportunidades, la primera, a los 15 días antes del primer muestreo de suelo y de fruto de palto y, la segunda aplicación se realizó a los 15 días después de la primera aplicación foliar de las dosis de Nutrabiota

Muestreo final de suelo y fruto de palto. Esta actividad fue desarrollada a los 15 días después de la aplicación de las diferentes dosis de Nutrabiota, para lo cual se extrajo una muestra compuesta de suelo de los primeros 20 cm de profundidad del suelo por cada unidad experimental, las cuales una vez molidas y tamizadas, fueron colocadas en sendas bolsas ziploc para su posterior envío al Laboratorio de Suelos de la Universidad Agraria La Molina (Lima), a efectos de terminar el contenido final de Cd en el suelo sembrado con palto.

Para el caso del fruto de palto, al momento de la cosecha, se seleccionaron al azar 10 frutos de palto del área de cada unidad experimental, con características similares, los cuales se embolsaron convenientemente y una vez identificadas las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad Agraria La Molina (Lima), para su posterior análisis por el contenido De Cd en pulpa de palto.

Redacción de informe final de tesis. Una vez que se obtuvo los resultados del contenido de Cd en suelo y fruto de palto, por parte de la Universidad Agraria La Molina, se procedió a efectuar el procesamiento y

tabulación de datos, según el diseño estadístico y después se hizo la redacción final del trabajo de tesis, con el apoyo del Asesor de Tesis.

Aplicación de dosis de Nutrabiota. Una vez seleccionadas las parcelas a aplicar las dosis de Nutrabiota, se midió la cantidad del biofertilizante foliar por bomba de mochila, según la dosis de cada tratamiento, procediéndose luego a aplicar sobre el área foliar de cada planta, tratando de uniformizar adecuadamente la aplicación sobre la biomasa foliar de la planta de palto. Esta actividad se realizó en dos oportunidades, la primera, a los 15 días antes del primer muestreo de suelo y de fruto de palto y, la segunda aplicación se realizó a los 15 días después de la primera aplicación foliar de las dosis de Nutrabiota. Los cuales se embolsaron convenientemente y una vez identificadas las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad Agraria La Molina (Lima), para su posterior análisis por el contenido De Cd en pulpa de palto.

3.6.4. Variables evaluadas

Contenido de Cd en el suelo

El contenido de Cd en el suelo se realizó en dos oportunidades, la primera, a los 15 días antes de la primera aplicación foliar de las dosis de Nutrabiota y posteriormente, a los 15 después de la segunda aplicación.

Contenido de Cd en el fruto de palto

El contenido de Cd en el fruto de palto se realizó en dos oportunidades, la primera, a los 15 días antes de la primera aplicación foliar de las dosis de Nutrabiota y posteriormente, a los 15 después de la segunda aplicación. la segunda aplicación se realizó a los 15 días después de la primera aplicación foliar de las dosis de Nutrabiota. Los cuales se embolsaron convenientemente y una vez identificadas las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad Agraria La Molina (Lima), para su posterior análisis por el contenido De Cd en pulpa de palto.

CAPÍTULO IV.
RESULTADOS.

4.1. Contenido de Cd en el suelo

El contenido de Cd en el suelo se realizó en dos oportunidades, la primera, a los 15 días antes de la primera aplicación foliar de las dosis de Nutrabiota y, La segunda evaluación se efectuó a los 15 después de la segunda aplicación de las dosis de la enmienda fertilizante.

Cuando se efectuó el análisis de variancia de los resultados en forma previa a la aplicación de las diferentes dosis de Nutrabiota, se evidenció que no hubo diferencias estadísticas significativas entre los distintos tratamientos, con una suma de cuadrados de 0.01370, un cuadrado medio de 0.00456, un F calculado de 1.09 y un F tabular de 0.40 (sin diferencias significativas), además de un bajo coeficiente de variabilidad de 5.69 %. Anexo 1.

Tabla 3.

Contenido de Cd total en el suelo por tratamiento.

Tratamientos	Contenido de Cd total (mg/kg)		Reducción de Cd (mg/kg)
	15 días antes de primera aplicación	15 días después de segunda aplicación	
Testigo sin aplicación	1.12 a	1.10 a	0.02 c
2.0 l de Nutrabiota /500 l agua	1.15 a	0.73 b	0.42 b
2.5 l de Nutrabiota /500 l agua	1.10 a	0.70 b	0.40 b
3.0 l de Nutrabiota /500 l agua	1.17 a	0.52 c	0.65 a

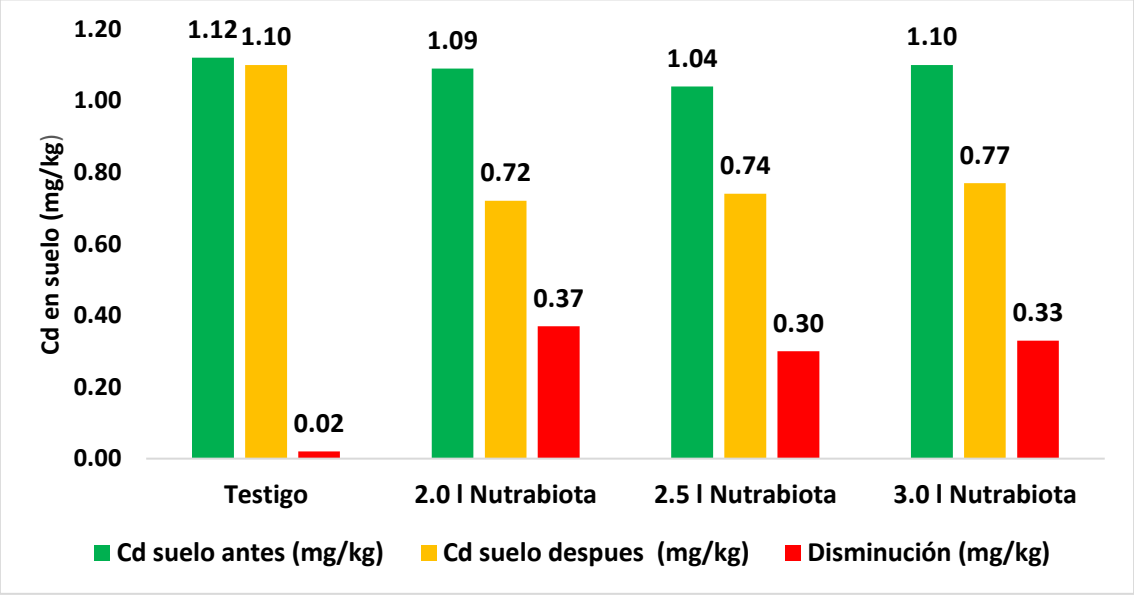
(*) letras iguales en la columna indican no diferencias entre tratamientos

La prueba de comparación de Duncan ($p<0.005$) para el contenido de Cd en el suelo antes de la aplicación de las dosis de enmienda agrícola. determinó que, el contenido de Cd en el suelo no mostró superioridad estadística, entre ellas, con promedios de 1.12, 1.15, 1.10 y 1.17 mg kg^{-1} de suelo, para el testigo y las dosis de 2.0, 2.5 y 3.0 l de Nutrabiota/500 l de agua, respectivamente. Tabla 3.

Sin embargo, al efectuar el análisis de variancia para el contenido de Cd en el suelo después de la aplicación de las diferentes dosis de la enmienda, se encontró diferencias altamente significativas entre ellas, con una suma de cuadrados de 0.7058, un cuadrado medio de 0.2352, un F calculado de 59.69 y un F tabular menor a 0.0001 (con diferencias significativas), además de un bajo coeficiente de variabilidad de 8.23 %. Anexo 2.

Figura 5.

Contenido de Cd en el suelo antes y después de la aplicación.



Nota. Se muestra la disminución de Cd en el suelo por efecto de Nutrabiota

En este sentido, la prueba de comparación de medias de Duncan ($p<0.001$), estableció la superioridad estadística cuando se aplicó la dosis de 3.0 l de Nutrabiota/500 l de agua, con el promedio más bajo de 0.52 mg de Cd/kg de suelo, en comparación con las dosis de 2.0 y 2.5 l de Nutrabiota/500 l de agua, cuyas aplicaciones permitieron registrar, sucesivamente 0.73 y 0.70

mg de Cd/kg de suelo, frente al testigo, que obtuvo un promedio final de 1.10 mg de Cd/kg de suelo.

Por otro lado, al efectuar el análisis de variancia para la reducción del contenido de Cd en el suelo después de la aplicación de las dosis de la enmienda, se encontró diferencias altamente significativas entre ellas, con una suma de cuadrados de 0.8246, un cuadrado medio de 0.2748, un F calculado de 56.67 y un F tabular menor a 0.0001 (con diferencias significativas), además de un bajo coeficiente de variabilidad de 18.60 %. Anexo 3.

Respecto al nivel de reducción del metal pesados en el suelo, la prueba de Duncan demostró que, con la aplicación de la dosis de 3.0 l de Nutrabiota/500 l de agua, la disminución del metal pesado fue significativamente mayor que los otros tratamientos, con 0.65 mg de Cd/kg de suelo, mientras que con las dosis de 2.0 y 2.5 l de Nutrabiota/500 l de agua, así como el testigo, la concentración de Cd se redujo respecto a la etapa inicial (antes de aplicar las enmiendas fertilizantes), en 0.42, 0.40 y 0.02 mg de Cd/kg de suelo, sucesivamente. Tabla 1 y Figura 3.

4.2. Contenido de Cd en el fruto de palta.

El contenido de Cd en el fruto de palta se realizó en dos oportunidades, la primera, a los 8 días antes de la aplicación foliar de las dosis de Nutrabiota y a los 15 después de la aplicación.

Cuando se efectuó el análisis de variancia de los resultados en forma previa a la aplicación de las diferentes dosis de Nutrabiota, se evidenció que no hubo diferencias estadísticas significativas entre los distintos tratamientos, con una suma de cuadrados de 0.00222, un cuadrado medio de 0.00074, un F calculado de 0.54 y un F tabular de 0.66 (sin diferencias significativas), además de un bajo coeficiente de variabilidad de 4.24 %. Anexo 4.

La prueba de comparación de Duncan ($p<0.005$) para el contenido de Cd en el fruto de palto antes de la aplicación de las dosis de enmienda

agrícola. determinó que, el contenido de Cd en el fruto de palta no mostró superioridad estadística, con promedios de 0.85, 0.88, 0.87 y 0.85 mg de Cd kg^{-1} de pulpa de palta, para el testigo y las aplicaciones de 2.0, 2.5 y 3.0 l de Nutrabiota/500 l de agua, respectivamente. Tabla 2 y Figura 4.

Tabla 4.

Contenido de Cd total en el fruto de palto por tratamiento.

Tratamientos	Contenido de Cd total (mg/kg)		Reducción de Cd (mg/kg)
	15 días antes de primera aplicación	15 días después de segunda aplicación	
Testigo sin aplicación	0.85 a	0.83 a	0.02 b
2.0 l de Nutrabiota /500 l agua	0.88 a	0.42 b	0.45 a
2.5 l de Nutrabiota /500 l agua	0.88 a	0.42 b	0.45 a
3.0 l de Nutrabiota /500 l agua	0.87 a	0.38 b	0.48 a

(*) letras iguales en la columna indican no diferencias entre tratamientos

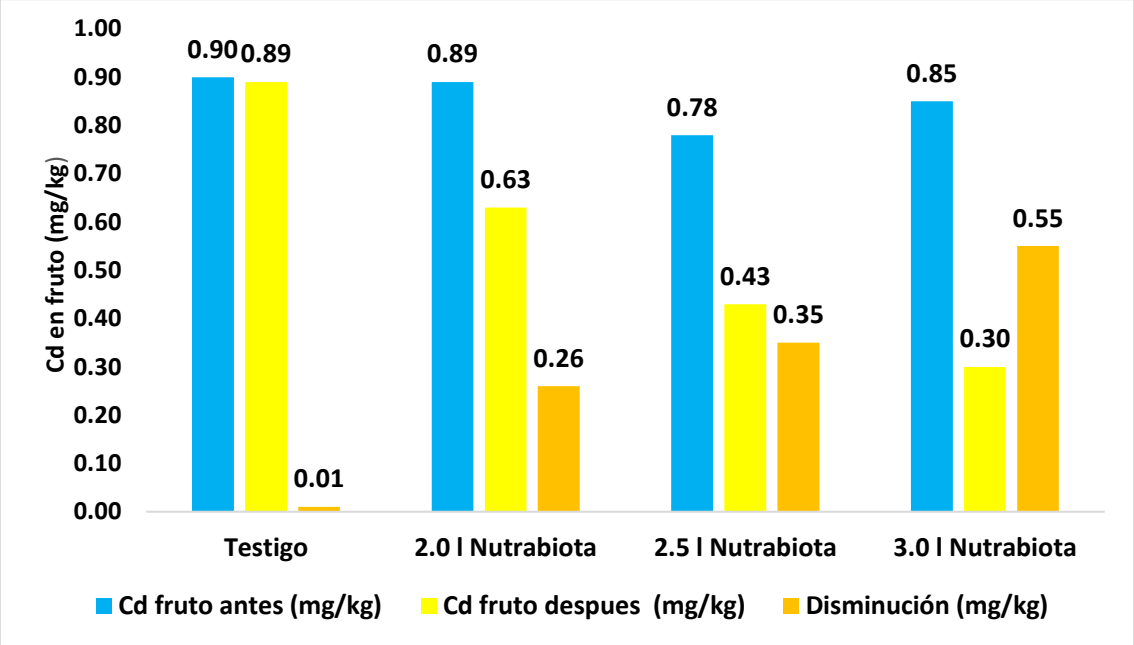
Posteriormente, al efectuar el análisis de variancia para el contenido de Cd en el fruto de palta después de la aplicación de las diferentes dosis de la enmienda, se encontró diferencias altamente significativas entre ellas, con una suma de cuadrados de 0.53295, un cuadrado medio de 0.17765, un F calculado de 112.20 y un F tabular menor a 0.0001 (con diferencias significativas), además de un bajo coeficiente de variabilidad de 7.68 %. Anexo 5.

Por ello, la prueba de comparación de medias de Duncan ($p<0.001$), estableció que, el promedio más alto después de la aplicación de las diferentes dosis de la enmienda, fue registrado por el tratamiento Testigo, con 0.83 mg de Cd/kg de pulpa de palta, mientras que, los menores promedios

después de la aplicación de las diferentes dosis de la enmienda fueron obtenidos al aplicar 2.0, 2.5 y 3.0 l de Nutrabiota/500 l de agua, con 0.42, 0.42 y 0.38 mg de Cd/kg de pulpa, respectivamente. Tabla 2 y Figura 6.

Figura 6.

Contenido de Cd en la fruta de palta antes y después de la aplicación.



Nota. Se muestra la disminución de Cd por efecto de diferentes dosis de Nutrabiota

Cuando se efectuó el análisis de variancia para la reducción del contenido de Cd en el fruto de palta después de la aplicación de las diferentes dosis de la enmienda, se encontró diferencias altamente significativas entre ellas, con una suma de cuadrados de 0.59592, un cuadrado medio de 0.19864, un F calculado de 67.40 y un F tabular menor a 0.0001 (con diferencias significativas), además de un bajo coeficiente de variabilidad de 15.34 %. Anexo 6.

Respecto al nivel de disminución del metal pesado en la fruta de palta, se llegó a demostrar que la aplicación de 3.0 l de Nutrabiota/500 l de agua, registró la mayor reducción del metal pesado con 0.48 mg de Cd/ kg de pulpa de palta, sin mostrar superioridad estadística con las aplicaciones de 2.0 y 2.5.

CAPÍTULO V.
DISCUSIÓN.

Contenido de Cd en el suelo.

Un metal pesado como el Cadmio posee una alta densidad y por ello, tiene la capacidad de reemplazar o desplazar otros elementos en el suelo inhibiendo su funcionamiento. Un metal pesado debe primero estar presente en el suelo, agua o ser introducido en el manejo a través de los fertilizantes (Jaramillo, 2002).

El autor también señala que, en la planta existen mecanismos para su asimilación, es decir, no se ejerce la selectividad sobre estos (caso Zn) y, por ello, la parte comestible de la planta se contamina con el metal finalmente por su elevada remanencia y acumulación en la cadena alimenticia (Jaramillo, 2002).

Desde el año 2010, la Comunidad Europea ha comenzado a exigir a los productores de frutas y hortalizas, niveles permisibles de metales pesados, entre los cuales se encuentra el Cd, con la finalidad de evitar el riesgo de su comercialización en los mercados europeos, lo que afectaría directamente la economía de los productores dedicados a la producción del cultivo de palto.

Al respecto, Zubillaga (2012), señala que, el éxito de la incorporación de una enmienda al suelo se mide como la reducción de la fracción disponible de los metales, aunque las concentraciones totales de metales no se reduzcan significativamente. De esta forma, la remediación natural asistida puede considerar el uso de enmiendas, favoreciendo los procesos de absorción y precipitación que naturalmente ocurren en el suelo reduciendo la movilidad y la biodisponibilidad de elementos tóxicos.

En términos generales la disponibilidad y movimiento del Cd en los suelos agrícolas está dinfluenciado por el pH, materia orgánica y los óxidos.

de Fe y Mn y el contenido de arcilla, así como la profundidad de enraizamiento del cultivo (Alloway 2013)

En nuestro caso, el pH del suelo experimental fue neutro (7.3), mientras que, el contenido de materia orgánica fue bajo (1.02 %) y la capacidad de intercambio catiónico fue relativamente bajo (8.64 meq/100 g de suelos), lo cual puede atribuirse a que, estas propiedades químicas del suelo pueden haber influido en el comportamiento de las diferentes dosis de Nutrabiota sobre la disminución del metal pesado en el suelo.

Ello se demuestra con los resultados obtenidos, ya que de un contenido inicial de Cd en el suelo de 1.12 mg/kg, se redujo drásticamente con la aplicación de la mayor dosis de Nutrabiota, a un nivel de Cd de 0.52 mg/kg de suelo, encontrándose en el umbral del nivel exigido permisible del metal pesado que exigen la Comisión Europea y el Codex Alimentarius, para el contenido mínimo de Cd en suelos agrícolas, los cuales deben ser 0.56 mg/kg a pH 4.0 y 5.5 mg/kg a pH 7 (Alloway, 2013).

Contenido de Cd en el fruto

Respecto al contenido de Cd en palto, es conocido que, desde el año 2019, la Comunidad Económica Europea ha comenzado a exigir niveles máximos de metales pesados como el Cd y Pb a los países exportadores de frutas y hortalizas comestibles para ser comercializados en los países europeos.

En este sentido, los niveles máximos permisibles (NM) en concentración de metales pesados en alimentos, propuestos por la Unión Europea y la FAO, respecto a las hortalizas y frutos comestibles que incluyen al palto, han sido fijados en 0,05 $mg.kg^{-1}$ y 0,1 $mg.kg^{-1}$ para Cd y Pb respectivamente (Santander *et al*., 2021)

En nuestro caso, el contenido inicial de Cd en la pulpa del fruto de palto fue de 0.85 mg/kg, el cual fue reducido significativamente.

CAPITULO VI.
CONCLUSIONES.

De acuerdo a los objetivos planteados, se concluye:

- Se ha logrado verificar que, mediante la aplicación del biofertilizante Nutrabiota a la dosis de 3 l por 500 l de agua, ha sido posible reducir la presencia de Cd en el suelo a un nivel de 0.52 mg/kg, encontrándose en el umbral exigido por la Comisión Europea y el Codex Alimentarius, que es de 0.5 mg/kg de suelo agrícola.

- Se ha logrado reducir el contenido de Cd en la pulpa de la fruta de palto de 0.85 a 0.38 mg/kg, mediante la aplicación del biofertilizante Nutrabiota a la dosis de 3 l por 500 l de agua, sin embargo, no ha sido posible llegar a reducir el límite permisible exigido por la Comisión Europea y el Codex Alimentarius, que es de 0.05 mg/kg de fruta de palto.

- Mediante la aplicación del biofertilizante la presencia de el cadmio en el suelo se encontró que el resultado fue apto lo que exigen las normas de la comisión Europea, eso quiere decir que se logro reducir el contenido de cadmio en fruta del palto lográndose concretar los objetivos dados en el ensayo.

CAPITULO VII.
RECOMENDACIONES.

En base a los resultados encontrados, se recomienda:

- Continuar la investigación para ratificar el efecto de la aplicación de enmiendas fertilizantes como Nutrabiota a la dosis de 3 l por 500 l de agua, para reducir los niveles de toxicidad de Cd en el suelo y en la pulpa de la fruta de palto, en base a los resultados encontrados en nuestro ensayo.

- Probar otras enmiendas fertilizantes sólidas o liquidas y dosis por enmienda fertilizante que puedan reducir significativamente los niveles permisibles del metal pesado que son exigidos para su aceptación por la Comisión Europea y el Codex Alimentarius.

- Complementar los ensayos de eficiencia agrícola sobre la reducción de los niveles tóxicos del Cd en el suelo y en la fruta, con estudios de rentabilidad económica de su aplicación, en función a indicadores como VAN, TIR y relación beneficio-costo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Agencia Agraria de Noticias Agraria.pe. (2024). Perú exportó 571,470.8 toneladas de palta por US$ 1.250 millones a más de 67 países, posicionándose como el segundo mayor exportador mundial de palta. Disponible: https://agraria.pe/noticias/en-2024-peru-exporto-571-470-8-toneladas-de-palta-por-us-1-2-38523

AGQLabs.(2024). Cadmio en Paltos: legislación, tendencias e impacto en la exportación. Disponible: https://agqlabs.pe/2024/07/17/cadmio-en-paltos-legislacion-exportacion/

Agro Bayer Perú. (2024). Cultivo de palto en Perú. Consultado en línea. Disponible: https://www.agro.bayer.pe/es-pe/cultivos/palto.html

Agraria.pe (2020) Investigación sobre la acumulación de cadmio en cultivos de maíz en Áncash. Recuperado de https://agraria.pe/noticias/prohass-avances-en-la-mitigacion-del-cadmio-en-las-exportaci-34313

AGRIS SRL (2018). Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Consultado en línea. Disponible: https://www.fao.org/agris/es

Alloway B. J. (2013). Metales pesados en suelo: Metales traza y metaloides en suelos y su disponibilidad. Consultado en línea. Disponible: https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-007-4470-7

Bastidas, L. (2024). El cadmio en el suelo y su efecto en el cultivo del palto (*Persea americana* Mill.). Consultado en línea UNA La Molina. Disponible:http://45.231.83.156/bitstream/handle/20.500.12996/6168/bastidas-yauta-lenny-johana.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Barrezueta, S; Armijos, I; Vega, E. (2021). Contaminación de los niveles de cadmio en hojas, testa y almendra de cacao (*Theobroma cacao*) In Revista Ciencia UNIME: Vol 14 Numero 37. Consultado en línea 16 de junio 2025. Disponible: https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/1289

Castro. J. (2024). Efectos potenciales del biochar de poda de palto (*Persea americana* Miller). sobre los metales pesados y cianuro en relave minero. tesis de grado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Disponible. https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/1f764b56-c37f-4d85-a633-e1f054cb8021

Chandler, W. (1962). The avocado: Botany, production and uses. University of California Press.

Daza, S (2023). Efecto de la aplicación de diferentes dosis de roca fosfórica sobre el contenido de cadmio (cd) en el suelo y en el grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tahuantinsuyo Irazola Padre Abad. Tesis Universidad nacional de Ucayali. Disponible: https://repositorio.unu.edu.pe/items/55e86af0-d1fd-4080-b4d3-ae0567d2842d

Ferreyra, R; Selles, G; Ruiz, E; Gil, P; Barrera, C. (2008). Manejo de la clorosis férrica en palto. INIA Chile. Boletín N° 181. Disponible: https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/e0b1f6ab-dd2a-45a2-bf5b-e07dd7ddd58b/content

Fresh fruit (2021). Hallazgo de cadmio en lote de palta preocupa a los exportadores. Consultado en línea. Disponible: https://freshfruit.pe/2022/04/03/hallazgo-de-cadmio-en-lote-de-palta-preocupa-a-los-exportadores/

Gardiazábal, F., & Wilhelmy, J. (1995). El cultivo del palto Hass: Origen y características. Editorial Agrícola.

INTAGRI. (2019). Requerimientos de suelo y clima del cultivo de aguacate. Requerimientos edáficos y condiciones climáticas. INTAGRI.

Lahav, E., & Whiley, A. (2002). Nutrition and fertilization of avocado. In A. W. Whiley, B. Schaffer, & B. N. Wolstenholme (Eds.), The avocado: Botany, production and uses (pp. 259-297). CABI Publishing.

La Republica.pe. (2022). *Retiran lote de paltas peruanas en Países Bajos por altos niveles de cadmio*. Recuperado de https://larepublica.pe/ciencia/2022/03/28/el-peligro-del-cadmio-un-metal-toxico-que-se-adhiere-muy-facil-a-los-alimentos.

Lubke, C., & Atkinson, R. (2019). Muestras de los variados suelos de Perú permiten predecir qué partes del país pueden producir cacao bajo en el tóxico metal pesado. *Science of the Total Environment*. Recuperado de https://alliancebioversityciat.org/es/historias/mapa-cadmio-cacao-peru.

Madueño, F. (2017). Determinación de metales pesados (plomo y cadmio) en lechuga (Lactuca sativa) en mercados del Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana. Universidad Nacional Mayor de San Marcos Facultad de Farmacia y Bioquímica E.A.P. de Toxicología. Lima - Perú 2017

Marín, M. (2023). Influencia del método de limpieza con fertilización orgánica e inorgánica en la remediación del contenido de cadmio en el suelo y granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Ucayali, Perú. Tesis Maestría Gestión Ambiental Universidad Nacional de Ucayali. Consultado en línea. Disponible: https://repositorio.unu.edu.pe/items/74afb1cb-582e-4b8a-a99c-937ba8ed661a

Ministerio de Salud. (2005). Minsa vigila contaminación ambiental para prevenir efectos dañinos en la salud. Nota de prensa. Disponible: https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/43016-minsa-vigila-contaminacion-ambiental-para-prevenir-efectos-daninos-en-la-salud

Munive, R. (2018). Recuperación de suelos degradados por contaminación con metales pesados en el valle del Mantaro mediante compost de Stevia y fitorremediación. Tesis doctoral UNA La Molina. Lima. Disponible: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAL_c74423672925cb3a91cdb5a7494517e7/Description

Munive, R., Loli, O., Azabache, A., & Gamarra, G., (2018). Phytoremediation with corn (*Zea mays* L.) and Stevia compost on soils degraded by contamination with heavy metals., Scientia Agropecuaria, Vol. 9, No. 4, 2018, pp. 551–56

Quispe, Uriel., Quispe, J., Casas, R., Hamani, I. & Hinojosa, R. (2023). Concentración de metales pesados en cultivares de *Persea americana*, Luricocha, Huanta. *In* ALFA Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias Vol. 7 (20) Consultado en línea. Disponible: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2664-09022023000200376

Reyes, Y.C., Vergara, I., Torres, O.E., Díaz, M., & González, E.E., (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria., Ingeniería Investigación y Desarrollo, Vol. 16, No. 2, 2016, pp. 66–77

Robles, J. (1996). *Características y cultivo del palto Hass*. Editorial Agrícola.

Ruiz, M. (2006). Impacto del pH elevado en la productividad del palto. Editorial Agrícola.

Ruiz, M., & Ferreyra, R. (2011). Deficiencia de hierro en suelos calcáreos y su efecto en paltos. Journal of Plant Nutrition, 34(3), 456-467.

Santander, W; Garay, R; Verde, C; Mendieta, O. (2021). Determinación del contenido de cadmio en suelos, frutos, granos fermentados y secos, licor de cacao y chocolate en zonas productoras de la Región San Martín. Revista de la Sociedad Química del Perú. Consultado en línea. Disponible: http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v87i1.321

Tamani, D. (2023). Evaluación del contenido de cadmio (cd) en el grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) según el tipo de fermentación y secado en el CP Tierra roja-Campo Verde. Tesis Universidad Nacional de Ucayali. Disponible: https://repositorio.unu.edu.pe/items/161c24c7-4ecc-4aa8-bbec-da7b133aeb15

Tun-Canto, G. E., Älvarez-Legorreta, T., Zapata-Buenfil, G., & Sosa-Cordero, E. (2017). Metales pesados en suelos y sedimentos de la zona cañera del sur de Quintana Roo, México. *Rev. Mex. de Cienc. Geol., 34*(3), 157-169.

Weather Spark. (2025). El clima y el tiempo promedio en todo el año en el distrito de Moro-Ancash. Consultado en línea 23 de mayo del 2025. Disponible: https://es.weatherspark.com/y/19901/Clima-promedio-en-Moro-Perú-durante-todo-el-año

Weber, J. y Karczewska, A. (2004). Procesos biogeoquímicos y el papel de los metales pesados en el medio ambiente del suelo. Geoderma , 122 , 105–107.

Whiley, A. W., Schaffer, B., & Wolstenholme, B. N. (2007). The avocado: Botany, production and uses. CABI.

ANEXOS.

ANEXO 1.

Figura 7A. Análisis especial de suelo.

INFORME DE ANÁLISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE: RUBEN RUIZ SALGADO

PROCEDENCIA: ÁNCASH/ SANTA/ CHIMBOTE

REFERENCIA: H.R. 85390

BOLETA : 7258

FECHA : 24/04/2025

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Cd Total antes ppm	Cd Total después ppm
1485	I-1	1.13	1.11
1486	I-2	1.21	0.78
1487	I-3	1.04	0.75
1488	I-4	1.32	0.64
1489	II-1	1.15	1.12
1490	II-2	1.12	0.64
1491	II-3	1.16	0.65
1492	II-4	1.12	0.34
1493	III-1	1.12	1.11
1494	III-2	1.17	0.72
1495	III-3	1.07	0.74
1496	III-4	1.11	0.56
1497	IV-1	1.08	1.06
1498	IV-2	1.12	0.78
1499	IV-3	1.13	0.66
1500	IV-4	1.15	0.55

Dra. Lily Tello Peramás
Jefa de Laboratorio

Figura 8A. Análisis especial en foliar.

INFORME DE ANÁLISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : RUBEN RUIZ SALGADO

PROCEDENCIA : ÁNCASH/ SANTA/ CHIMBOTE

MUESTRA : FRUTA (PALTA)

REFERENCIA : H.R. 85389

BOLETA : 7258

FECHA : 21/04/2025

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Cd antes ppm	Cd después ppm
949	I-1	0.83	0.81
950	I-2	0.85	0.44
951	I-3	0.91	0.43
952	I-4	0.81	0.42
953	II-1	0.83	0.81
954	II-2	0.91	0.42
955	II-3	0.85	0.45
956	II-4	0.84	0.44
957	III-1	0.90	0.88
958	III-2	0.89	0.43
959	III-3	0.85	0.37
960	III-4	0.92	0.36
961	IV-1	0.85	0.83
962	IV-2	0.88	0.41
963	IV-3	0.91	0.45
964	IV-4	0.91	0.33

Dra. Lily Tello Peramás
Jefa de Laboratorio

ANEXO 2.

Tabla 5A. ANVA de Cd en el suelo antes de la aplicación de Nutrabiota

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	3	0.00845	0.00281	0.67	0.59 ns
Tratamientos	3	0.01370	0.00456	1.09	0.40 ns
Error	9	0.03775	0.00419		
Total	15	0.05990			
	CV = 5.69 %		R^2 = 0.86		

Tabla 6A. ANVA de Cd en el suelo después de la aplicación de Nutrabiota

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	3	0.0373	0.1243	3.15	0.07 *
Tratamientos	3	0.7058	0.2352	59.56	<0.0001 **
Error	9	0.03555	0.0039		
Total	15	0.7787			
	CV = 8.23 %		R^2 = 0.94		

Tabla 7A. ANVA de Reducción de Cd en suelo por aplicación de Nutrabiota

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	3	0.03171	0.0105	2.18	0.16 ns
Tratamientos	3	0.82461	0.2748	56.67	<0.0001 **
Error	9	0.04365	0.0048		
Total	15	0.8999			
	CV = 18.60 %		R^2 = 0.95		

Tabla 8A. ANVA de Cd en el fruto antes de la aplicación de Nutrabiota

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	3	0.05025	0.00167	1.22	0.35 ns
Tratamientos	3	0.00222	0.00074	0.54	0.66 ns
Error	9	0.01232	0.001369		
Total	15	0.01957			
	CV = 4.24 %		R^2 = 0.87		

Tabla 9A. ANVA de Cd en el fruto después de la aplicación de Nutrabiota

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	3	0.00170	0.000056	0.36	0.78 ns
Tratamientos	3	0.53295	0.17765	112.20	<0.0001 **
Error	9	0.01425	0.001583		
Total	15	0.54890			
	CV = 7.68 %		R^2 = 0.97		

Tabla 10A. ANVA de Reducción de Cd en fruto por aplicación de Nutrabiota

Variables	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	Pr > F
Repeticiones	3	0.01212	0.00404	1.37	0.31 ns
Tratamientos	3	0.59592	0.19864	67.40	<0.0001 **
Error	9	0.02652	0.001583		
Total	15	0.63457			
	CV = 15.34 %			R^2 = 0.95	

ANEXO 3.

Proceso experimental del ensayo.



Figura 9A. Recolección de muestras de suelo previo y posterior a la aplicación.



Figura 10A. Recolección de muestras de fruto.



Figura 11A. Bomba con manguera de 50 mt y pistola de pulverización.



Figura 12A. Limpieza y desinfección previo a la aplicación de nutrabiota.



Figura 13A. Preparación de las distintas dosis del producto Nutrabiota.



Figura 14A. Primera y segunda aplicación de nutrabiota.