

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

**Micronutrientes en el rendimiento y rentabilidad
de palto (*Persea americana* M.) Fuerte.**

Callebamba - Chincheros, 2021

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

Bach. John Clinton GOMEZ SULCA

ASESORA:

Ph.D. Marhleni CERDA GÓMEZ

AYACUCHO - PERÚ

2024

DEDICATORIA

A mis padres Fraydir y Gloria, por su apoyo incondicional, consejos, motivación constante para seguir mis metas.

A mis hermanos Liz, Yalissa, Yara, Yack, Yamileth, Yeison y Yeremi, por estar siempre presentes brindándome su apoyo, consejo y amor fraternal.

A esa persona que siempre estuvo en los buenos y malos momentos, Maribel y Vany, por ser fuente de mi inspiración y superación.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, alma mater de mi formación profesional.

A la Facultad de Ciencia Agrarias con especial deferencia a los profesores de la Escuela Profesional de Agronomía, quienes asistieron mi formación profesional.

A todos mis maestros, en especial a la Ph.D. Marhleni Cerda Gómez, docente de la Facultad de Ciencias Agrarias, por su asesoramiento, orientación y colaboración en el desarrollo y conducción del presente trabajo de investigación.

A todas aquellas personas y amistades que de una u otra manera contribuyeron en la ejecución de la presente tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	3
1.1. Situación del palto en el Perú	3
1.2. Importancia económica y social del cultivo de palto.....	3
1.3. Origen del palto	5
1.4. Taxonomía y morfología del palto	5
1.5. Condiciones edafoclimáticas del palto	6
1.6. Características generales de la variedad Fuerte.....	7
1.7. Nutrición mineral del cultivo de palto	8
1.7.1. Generalidades	8
1.7.2. Funciones de los nutrientes	9
1.8. Rentabilidad económica	18
1.8.1. Costos de producción.....	18
1.8.2. Valor bruto de producción	18
1.8.3. Valor neto de producción.....	19
1.8.4. Mérito económico	19
CAPÍTULO II	
METODOLOGÍA.....	21
2.1. Ubicación	21
2.2. Características climáticas	22
2.3. Muestreo y análisis de caracterización del suelo.....	23
2.4. Material biológico.....	24
2.5. Descripción de estados fenológicos	24
2.6. Tratamientos en estudio	24

2.7. Diseño metodológico y análisis estadístico	25
2.8. Instalación y conducción del experimento.....	26
2.8.1. Control de malezas	26
2.8.2. Selección de plantas.....	26
2.8.3. Poda.....	26
2.8.4. Abonamiento	26
2.8.5. Control fitosanitario	27
2.8.6. Riego.....	28
2.8.7. Cosecha	28
2.9. Parámetros productivos	28
2.9.1. Parámetros de rendimiento	28
2.9.2. Parámetros de rentabilidad.....	29
2.10. Duración del trabajo de investigación	29
CAPÍTULO III	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
3.1. Parámetros productivos	30
3.1.1. Peso de frutos (g).....	30
3.1.2. Número de frutos por planta y por kilogramo	32
3.1.3. Rendimiento de frutos por planta (kg planta ⁻¹).....	35
3.1.4. Diámetro ecuatorial y polar de frutos (cm).....	40
3.2. Rentabilidad económica	42
3.2.1. Valor bruto de producción (S/. x ha).....	42
3.2.2. Costo total de producción (S/. x ha).....	43
3.2.3. Valor neto de producción (S/. x ha)	44
3.2.4. Rentabilidad	44
3.2.5. Resumen del análisis económico	45
CONCLUSIONES.....	46
RECOMENDACIONES	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1 <i>Registro de temperatura, humedad relativa y precipitación en la campaña 2021 – 2022 Pampas – Chincheros.....</i>	22
Tabla 2.2 <i>Análisis de caracterización del suelo agrícola del área experimental en Callebamba.....</i>	23
Tabla 2.3 <i>Descripción de los tratamientos estudiados en el experimento.....</i>	25
Tabla 3.1 <i>Análisis de varianza del peso de frutos de palto, por efecto de aplicación de niveles de micronutrientes.....</i>	30
Tabla 3.2 <i>Análisis de varianza del número de frutos de palto Fuerte por planta, por efecto de aplicación de niveles de micronutrientes</i>	32
Tabla 3.3 <i>Análisis de varianza del número de frutos de palto Fuerte por kilogramo, por efecto de aplicación de niveles de micronutrientes.....</i>	33
Tabla 3.4 <i>Peso de frutos/planta, número de plantas por hectárea y el rendimiento total.....</i>	35
Tabla 3.5 <i>Análisis de varianza del rendimiento de frutos de palto Fuerte/planta, por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes</i>	36
Tabla 3.6 <i>Análisis de varianza de la longitud de frutos de palto Fuerte, por efecto de aplicación de niveles de micronutrientes</i>	40
Tabla 3.7 <i>Análisis de varianza del diámetro de frutos de palto Fuerte, por efecto de aplicación de niveles de micronutrientes</i>	42
Tabla 3.8 <i>Rendimiento, precio de venta en campo y valor bruto de producción de palto Fuerte en Callebamba, por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes</i>	43
Tabla 3.9 <i>Costo total de producción en los tratamientos del cultivo de palto Fuerte.....</i>	43
Tabla 3.10 <i>Valor neto de producción del cultivo de palto Fuerte</i>	44
Tabla 3.11 <i>Rentabilidad del cultivo de palto fuerte expresado en beneficio/costo .</i>	44
Tabla 3.12 <i>Análisis económico de la producción de palto fuerte en Callebamba, por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes</i>	45

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 <i>Síntomas de deficiencia de hierro</i>	16
Figura 1.2 <i>Síntomas de deficiencia de cobre</i>	16
Figura 1.3 <i>Síntomas de deficiencia de zinc.....</i>	16
Figura 1.4 <i>Síntomas de deficiencia de manganeso.....</i>	17
Figura 1.5 <i>Síntomas de deficiencia de boro.....</i>	17
Figura 2.1 <i>Ubicación de la unidad productiva estudiados en el experimento</i>	21
Figura 2.2 <i>Ciclo fenológico del cultivo de palto en el Perú.....</i>	24
Figura 2.3 <i>Croquis de distribución de unidades experimentales del experimento .</i>	25
Figura 2.4 <i>Aplicación de abono según estados fenológicas del cultivo de palto variedad Fuerte</i>	27
Figura 3.1 <i>Prueba de Tukey del peso de frutos de palto, por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes.....</i>	31
Figura 3.2 <i>Análisis de tendencia del peso de frutos de palto por efecto de niveles de la aplicación de niveles de micronutrientes</i>	32
Figura 3.3 <i>Prueba de Tukey del número de frutos de palto Fuerte por planta, por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes.....</i>	33
Figura 3.4 <i>Relación del peso y número de frutos de palto Fuerte por planta y el rendimiento (kg planta-1) por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes</i>	34
Figura 3.5 <i>Prueba de Tukey del número de frutos de palto Fuerte por kilogramo por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes</i>	35
Figura 3.6 <i>Prueba de Tukey (0.01) del rendimiento de frutos de palto. planta-1...</i>	36
Figura 3.7 <i>Análisis de tendencia del rendimiento de frutos de palto por planta por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes.....</i>	40
Figura 3.8 <i>Prueba de Tukey de la longitud de frutos de palto Fuerte, por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes</i>	41
Figura 3.9 <i>Relación del diámetro y longitud de frutos de palto Fuerte y el rendimiento (kg planta-1) por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes</i>	42

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Costo de producción del cultivo de palto Fuerte del tratamiento T1	59
Anexo 2. Costo de producción del cultivo de palto Fuerte del tratamiento T2	60
Anexo 3. Costo de producción del cultivo de palto Fuerte del tratamiento T3	61
Anexo 4. Costo de producción del cultivo de palto Fuerte del tratamiento T4	62
Anexo 5. Panel fotográfico	63
Anexo 6. Resultados del análisis físico-químico de los suelos de la localidad de Calebamba, distrito de Chincheros	73
Anexo 7. Resultados del análisis físico-químico de los suelos de la localidad de Calebamba, distrito de Chincheros	74

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de niveles de micronutrientes en el rendimiento y rentabilidad del cultivo de palto variedad Fuerte, se realizó la investigación, con cuatro tratamientos: tratamiento T1 (con macronutrientes), tratamiento T2 (6 Fe, 21 Zn, 2.5 Cu, 10 Mn, 8.25 B, en kg ha⁻¹), tratamiento T3 (9 Fe, 31.5 Zn, 5 Cu, 20 Mn, 11 B, en kg ha⁻¹), tratamiento T4 (testigo), con cinco repeticiones, plantas de 5 años, un total de 20 unidades experimentales, en suelo alcalino (pH 8.90). Los nutrientes fueron fraccionados en dos momentos luego de poda e inicio de floración, durante la campaña 2021/2022. Los resultados obtenidos muestran que aplicar 9 Fe, 31.5 Zn, 5 Cu, 20 Mn, 11 B, kg ha⁻¹ de micronutrientes influyen en forma altamente significativa en el rendimiento de frutos planta⁻¹ (65 kg), peso de fruto (301 g), y en el número de frutos planta⁻¹ (182.8 unidades) sin diferenciarse del primer nivel (9 Fe, 21 Zn, 2.5 Cu, 11.2 Mn, 7.5 B kg ha⁻¹); provocando aumentos del orden de 173.22 – 120.64%; 30.19 - 20.2% y 48.62 - 29.83% más que el tratamiento T4 (testigo) y tratamiento T1 (solo macronutrientes), en rendimiento planta⁻¹, peso de fruto y número de frutos planta⁻¹, respectivamente. El tratamiento T3 muestra menor número de frutos/kg, respecto al testigo y no muestra diferencia estadística en los parámetros longitud y diámetro del fruto. Este mismo tratamiento permite la mayor rentabilidad con 7.20 soles.

Palabras clave: rendimiento, rentabilidad, micronutrientes, palta Fuerte.

INTRODUCCIÓN

El palto o aguacate, es un fruto de alta demanda exportadora, apreciada por sus bondades culinarias, así como por su beneficio en la salud humana (Ramos-Aguilar et al, 2019). Su producción en el Perú se concentra fundamentalmente en la costa y sierra, a partir del cual se expide, siendo el tercer producto más exportado (Grados et al, 2023). No obstante es un cultivo cuyo manejo aún debe ser mejorado, sobre todo en la sierra, donde se empieza a conocer los beneficios del uso de variedades o patrones adaptadas a determinadas circunstancias, manejo de los mismos y análisis de suelos, prácticas con las cuales es posible realizar programación de acciones conducentes a mejoras, supervisiones y control de actividades; que para los pequeños y medianos productores, este proceso aun es difícil, disminuyendo sus posibilidades de crecimiento económico así como exportación.

El manejo de nutrientes se inicia a partir del conocimiento del cultivo, clima, agua de riego y sobre todo considerando la naturaleza de los suelos, que es diversa en cantidad, balance y en propiedades, algunas de las cuales condiciona la disponibilidad de los nutrientes tanto existentes en el suelo como los aplicados. Así para conocer y superar ciertas dificultades se estudiaron cómo la textura es capaz de influir en la absorción y fraccionamiento del calcio, debido a la influencia en el crecimiento de raíces y/o la condición hídrica de las plantas (Bonomelli et al, 2019). El uso de sulfato de amonio junto a inhibidores o urea en suelo calcáreo que podría mejorar la asimilación del Fe en árboles de palto (Granja & Covarrubias, 2018).

La fertirrigación continua con solución nutritiva mejora las condiciones de crecimiento, floración prolongada y continua, respecto de campo abierto (Beyer et al, 2021). Silver et al, (2018) reportan que la tasa de fertilización, con la combinación de nutrientes en fertilización temprana posee efecto beneficioso en el rendimiento y el mayor número de frutos de palto Hass y recomienda el uso de 250–300 N, 80–120 P₂O₅ y 500–

600 K₂O kg ha⁻¹. Respecto a los micronutrientes, éstos son fundamentales en diversos procesos fisiológicos y bioquímicos, cada uno de los cuales contribuye de manera única a la salud y productividad de las plantas (Tariq-Aftab, 2020). Presentes, normalmente en pequeñas cantidades, indispensables al activar y ayudar a enzimas que impulsan reacciones metabólicas vitales (Gomes et al., 2020), sustentan reacciones complejas que acentúan el crecimiento y el desarrollo (Stanton et al., 2022), desde la actividad antioxidante, desarrollo del sabor, hasta la formación de pigmentos e influyen directamente en la calidad de la fruta (Wairich et al., 2022).

Sin embargo, para adecuada gestión que optimice el crecimiento, maduración, rendimiento y mejora de atributos tamaño, color, sabor de fruta, deben ser cuidadosamente aplicados (Nazir et al., 2024). En el presente trabajo de investigación se propuso evaluar la incorporación de niveles de micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn y B) en suelo moderadamente alcalino a 1900 m.s.n.m. en Callebamba, y evaluar su efecto en el rendimiento de frutos de palto Fuerte, como en lo económico, planteándose los objetivos siguientes:

Objetivo general

Evaluar la influencia de niveles de micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn y B) en el rendimiento y rentabilidad del palto (*Persea americana M.*) Fuerte. Callebamba, Chincheros 2021.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de niveles de micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn y B), en el rendimiento del palto Fuerte.
2. Valorar la influencia de niveles de micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn y B), en la rentabilidad del palto Fuerte.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Situación del palto en el Perú

En el Perú existen grandes extensiones de cultivo de palto, superando las 70.545 hectáreas en el 2022, siendo es el tercer productor de palto en el mundo (Flores y Espinoza, 2023) siendo cultivado en la costa (Lambayeque, La Libertad, Lima, Ica) con la mayor superficie, seguida de la región sierra, donde Apurímac ocupa el antepenúltimo lugar. Según Morales (2020) en Perú las exportaciones de productos agrícolas crecieron en forma constante con un papel destacado de café orgánico, alcachofas, arándanos y paltas, debido a las tendencias de consumo saludable a nivel mundial, por los tratados de libre comercio de Perú y por el crecimiento de la comunidad latina en los países desarrollados (Chávez, 2019).

El volumen de producción es creciente en el tiempo y para el 2023, la producción de aguacate en Perú superó las 911.000 toneladas métricas, siendo La Libertad en el noroeste del país, la que lidera en producción de la fruta (Statista Research Department, 2024). En el transcurso del presente año de acuerdo al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2024), el Perú se consolida como el segundo mayor exportador de palta al registrar un crecimiento de 79,2% en volumen, comparativamente en similar periodo de 2023, llegando a diferentes mercados donde destacan los Países Bajos, Europa, China, España, Chile y Hong Kong.

1.2. Importancia económica y social del cultivo de palto

La importancia socioeconómica del cultivo de palto se basa en los beneficios que genera entre productores, comercializadores, industrializadores y consumidores. Los fundos generan empleo al demandar mano de obra para las labores agronómicas: preparación del terreno, instalación, podas, riegos, control fitosanitario, fertilización, cosecha, acarreo, selección, empaque, transporte, mercadeo y ventas al mayoreo y

menudeo, es de importancia económica en las familias como directos vendedores de la fruta, que ayuda en salir de la extrema pobreza y pobreza, siendo fuente de ingreso principal, o sea, mejora las condiciones de vida de las familias (Téliz, 2000).

El cultivo del palto es una excelente opción de empleo, porque se utiliza mucha mano de obra y con una rentabilidad excelente que se estabiliza en el sexto año de producción y puede continuar produciendo hasta 30 años, con un buen manejo agronómico (Guarin, 2011).

La importancia social de la producción del cultivo de palto radica en la seguridad alimentaria, generación de empleo, desarrollo económico que puede generar ingresos sustanciales a las familias, sostenibilidad ambiental e innovación tecnológica (Arizona State University - USAP, 2023).

El palto o aguacate, es considerado como un fruto de alto valor nutricional, debido a su alto contenido de aceite, que es rico en compuestos bioactivos liposolubles, aun cuando su contenido depende de diferentes factores. En relación a los carotenoides y clorofilas, aun es limitada la información (Cervantes-Paz & Yahia, 2021). El aceite es rico en ácidos grasos monoinsaturados en una matriz a base de agua, que parece mejorar la biodisponibilidad de nutrientes y fitoquímicos y enmascara el sabor y la textura de la fibra dietética, según el autor es un alimento denso en nutrientes y fitoquímicos como: fibra dietética (4,6 g), azúcar total (0,2 g), potasio (345 mg), sodio (5,5 mg), magnesio (19,5 mg), vitamina A (5,0 µg RAE), vitamina C (6,0 mg), vitamina E (1,3 mg), vitamina K1 (14 µg), folato (60 mg), vitamina B - 6 (0,2 mg), niacina (1,3 mg), ácido pantoténico (1,0 mg), riboflavina (0,1 mg), colina (10 mg), luteína/zeaxantina (185 µg), criptoxantina (18,5 µg), fitoesteroles (57 mg), y ácidos grasos altamente monoinsaturados (6,7 g), con beneficios para la salud (United States Department of Agriculture - USDA, 2011). Según Cervantes-Paz & Yahia, (2021), los fitoquímicos del aceite de palto fueron relacionados con la prevención del cáncer, la degeneración macular relacionada con la edad y las enfermedades cardiovasculares, demostrado en estudios *in vitro* y animales, pero no en humanos.

1.3. Origen del palto

De acuerdo a Subba et al. (2023) el aguacate es originario de una amplia zona geográfica que se extiende desde las tierras altas orientales y centrales de México, pasando por Guatemala, hasta la costa del Pacífico de Centroamérica.

1.4. Taxonomía y morfología del palto

Según Renner (2004), el palto tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Clase	: Dicotiledóneas
Orden	: Ranales
Suborden	: Magnolíneas
Familia	: Lauraceas
Género	: Persea
Sub género	: Persea-Eriodaphne
Especie	: <i>Persea americana</i> Mill
Nombre comercial	: Palta, Aguacate, Aguaco, Ahuaca, Avocado.

El sistema radicular es superficial, presenta una raíz principal pivotante, muy ramificada de distribución radial; las raíces secundarias y terciarias son fibrosas y se encuentran superficialmente. Entre l 80 y 90 % de las raíces se sitúan en los primeros 60 centímetros del suelo (Bernal y Cipriano, 2008).

El palto o aguacate es una planta polimórfica de porte arbóreo, de hoja perenne, es decir, siempre verde; compite por luz y espacio con otros árboles, por ello está genéticamente determinada para seguir creciendo, alcanzando 12 hasta 20 metros de alto y 14 metros de diámetro de copa (Lemus et al., 2010).

Las hojas son simples, alternas, enteras, elípticas, alargadas y con nervaduras pinnadas con inserción peciolada, la epidermis es pubescente, al llegar a la madurez se tornan lisas, coriáceas, con color verde intenso y oscuro en el haz, pubescente y glaucas en el envés (Baiza, 2003).

La inflorescencia, en una panícula axilar o terminal, con flores hermafroditas, constituidos por doce estambres, un pistilo y un ovario; los órganos femeninos y masculinos no maduran al mismo tiempo, es decir, presentan dicogamia (Baiza, 2003).

Las flores abren dos veces, la primera lo hacen con sus órganos femeninos maduros receptivos al polen y la segunda, con sus estambres erectos emitiendo abundante polen. Los cultivares de tipo A (Hass) abren primero en la mañana y luego en la tarde del día siguiente; mientras que en los cultivares tipo B (Fuerte), tienen flores que abren por la tarde y su segunda apertura puede ser en la mañana del día siguiente o el tercer día (León, 2000). Cada árbol puede llegar a producir hasta un millón de flores y solo entre 0.01% y el 1% se transforma en fruto, por la abscisión de numerosas flores y frutos pequeños en desarrollo, mientras mayor sea la floración menor porcentaje de cuajado (Bernal y Cipriano, 2008).

El fruto es una vaya, tiene forma piriforme, peso medio de 300 gramos, la epidermis es flexible y elástico, de color verde sin brillo. Es muy exigente en la floración y en el momento de cuajado, es sensible al frío y a las temperaturas elevadas, situación que afecta los órganos de la flor y la viabilidad del polen (Gamez, 2001).

1.5. Condiciones edafoclimáticas del palto

El palto, cultivo, adaptado a condiciones subtropicales, debido a sus necesidades de temperatura e hídricas básicamente, durante todas las etapas de crecimiento, así en la Plataforma del Estado Peruano (s/f) refieren que es muy sensible a bajas temperaturas - sensibilidad que varía según cultivar o variedad- son dañadas a temperaturas de -1.1 (variedad Hass) -2.7°C (variedad Fuerte). Las diferencias entre el día y la noche siendo ideales las temperaturas de 20 °C a 25 °C durante el día y 10 a 13.5 °C en la noche, donde existiría exitosa fecundación y una buena cuaja (Lemus et al., 2010).

De otro lado, se afirma que las temperaturas superiores a 35°C afectarían el normal desarrollo de la floración y la fructificación, provocando respuestas moleculares, bioquímicas y fisiológicas diferentes observándose defectos en la polinización y desprendimiento de frutos, desde el efecto a nivel hormonal, partiendo de una respuesta de quinasas sensibles al calcio (Chaves y Gutiérrez, 2017). Los autores también hacen referencia a la radiación indicando que el exceso daña los frutos, hojas y madera cuando están muy expuestos, además de aumentar la evapotranspiración y lo que ello acarrea.

Con relación a la precipitación, en la región andina, es ideal una de 1200 mm distribuida en el año, debido a su influencia en la nutrición mineral, pero también resulta

útil, en el lavado de polvo o restos de plagas. Sin embargo, las lluvias excesivas podrían provocar desórdenes fisiológicos y estrés de tipo biótico como abiótico. Finalmente, los vientos, en algunas zonas resultan importantes, dado que su excesiva velocidad fundamentalmente en los primeros años podría provocar el doblamiento en consecuencia dificultades en la conducción u otras.

La altitud fluctúa desde el nivel del mar hasta 2500 o inclusive 2700 msnm, así en México el cultivo está establecido entre 2050 a 2800 msnm (Sáenz-Ceja & Pérez-Salicrup., 2022), donde se adaptan diferentes variedades comerciales. Sin embargo, actualmente con el cambio climático, los estudios de Grüter et al. (2022) revelan que será necesaria la adaptación de los cultivos (anacardo, café y palto) pero, en latitudes y altitudes elevadas, todos ellos pueden beneficiarse del aumento de las temperaturas mínimas.

El requerimiento edáfico parte por sugerirse adecuada aireación del suelo paralelo al movimiento de agua, el palto no soporta condiciones de saturación, por cuanto es importante considerar la textura del suelo y sus modificadores texturales como las gravillas, la profundidad efectiva del mismo, de preferencia superior a 1.50 m. Entre los parámetros químicos, la intolerancia a sales es importante evaluada a través de la conductividad eléctrica, el cultivo desarrolla notablemente mejor en suelos ligeramente ácidos siendo el pH óptimo entre 6.5 -7.5. El pH alto dificulta la asimilación de micronutrientes zinc (Zn), boro (B) y hierro (Fe).

1.6. Características generales de la variedad Fuerte

La variedad de palta fuerte resultó de una cruce de la raza guatemalteca con la mexicana, se originó en Atlixco, Puebla, zonas productoras antiguas. Se clasifican como de tipo B, debido a que sus flores se abren por las tardes como órgano femenino receptivo y por las mañanas el órgano masculino es receptivo (Maldonado, 2006). De acuerdo con Bartoli (2008) se puede producir de 1 000 a 1 500 frutos cada diez años, es la de mayor producción después de la Hass. De drupa piriforme, con peso variable entre 180 a 300 g, de epidermis flexible y elástica, de color verde sin brillo, su calidad y resistencia al transporte le permitió su difusión en América y Europa. Muestran una tendencia a la formación de frutos no polinizados y sin semilla, son alargados y pequeños (2-6 cm) y se denominan pepinillos o dedos.

En relación con el clima resulta sensible al frío y las temperaturas elevadas, situación que afecta a los órganos de la flor y la viabilidad del polen, así cuando la temperatura en la etapa de floración es extrema el cuajado puede ser muy pobre. Razón por la cual el Ministerio de Agricultura (2015) no recomienda su cultivo en la costa peruana, mientras que en la sierra o selva alta se comporta favorablemente, donde aumenta las cosechas.

1.7. Nutrición mineral del cultivo de palto

1.7.1. Generalidades

Los nutrientes para las plantas y cultivos en general se consideran 17 como esenciales, tales nutrientes divididos entre macro y micronutrientes son el carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, magnesio entre los primeros y hierro, cobre, zinc, molibdeno, manganeso, níquel, boro y cloro.

Sin embargo, es muy importante considerar no solo la presencia de ellos en el medio ambiente, es que ellos deben estar guardando cierto equilibrio para un adecuado funcionamiento, o uso en el sistema suelo-agua-plantas. Al respecto Naeen et al. (2017) refiere que fue el mismo Justus von Liebig, autor de la “Ley del mínimo” quien estableció que las plantas utilizarán elementos esenciales sólo en proporción entre sí, y el elemento que escasee, en proporción al resto, determinará qué tan bien la planta los utiliza.

Los desequilibrios de nutrientes luego permitieron establecer relaciones de presencia de anomalías, enfermedades, estrés, etc. De esta forma Tripathi et al. (2022) refiere que una primera línea de defensa de las plantas es la nutrición completa y equilibrada debido a la implicación directa de los elementos minerales en la protección de las plantas. Concluye que los elementos minerales afectan la salud de las plantas directamente al modular la actividad de las enzimas redox, mejora indirecta del vigor de las plantas al alterar indirectamente los exudados de raíces y cambiar la dinámica de la microflora, el contenido de nutrientes de la rizósfera, la fluctuación del pH, la deposición de lignina y la biosíntesis de fitoalexinas.

No obstante, reconocen que faltan aún otros factores que influyen en la triple interacción huésped-patógeno-elementos mineral, cuya participación debe ser aclarada. Buet et al. (2019) por su parte, concentrados en nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio (macronutrientes), micronutrientes como hierro y zinc, refieren que las plantas con

deficiencias de minerales esenciales activan mecanismos de señalización involucrando componentes comunes.

Entre ellos, al óxido nítrico, como participante clave en las respuestas a los cambios en la disponibilidad de nutrientes. En general se indica que los desequilibrios de nutrientes afectan los niveles de óxido nítrico en tejidos específicos de la planta, debido a la degradación o modificaciones en su síntesis; cambios que afectan la morfología de las plantas y/o desencadenan respuestas asociadas a la homeostasis de los nutrientes, mediadas por su interacción con especies reactivas de oxígeno (ROS), fitohormonas y modificaciones de proteínas.

En definitiva, los elementos minerales desempeñan funciones esenciales como los resume Pandey (2019), son constituyentes de estructuras y metabolitos celulares, participan en las relaciones osmóticas celulares y en procesos relacionados con la turgencia, reacciones de transferencia de energía, reacciones catalizadas por enzimas y reproducción de las plantas, es decir la productividad de las plantas dependen del desempeño eficiente de las funciones principales de los nutrientes minerales.

1.7.2. Funciones de los nutrientes

Las funciones principales de los nutrientes en el crecimiento y la fisiología de las plantas están estudiadas y documentadas en amplitud. Se considera al suelo, un sustrato complejo, almacén de la mayoría de los nutrientes y agua para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, la disponibilidad de los nutrientes puede fluctuar dependiendo de muchos factores. Las plantas utilizan su extenso sistema radicular para la absorción de nutrientes (Karthika et al., 2018).

a) Nitrógeno

El nitrógeno es uno de los macronutrientes esenciales que se consideran críticos para limitar el crecimiento y desarrollo de las plantas, se encuentra en forma elemental en la atmósfera del suelo y del aire, como una molécula diatómica estable, capaz de ser fijado por bacterias o industrialmente. Según Sharma et al. (2022) este N atmosférico tiene acción directa importante para las plantas, mediante la fijación al convertirse en disponible para las plantas en el suelo. Otra fuente importante es el N orgánico, aproximadamente 5% del humus del suelo y casi el 98% del N total del suelo. La mayor

parte de la absorción de nitrógeno de las plantas proviene de la reserva de nitrógeno orgánico del suelo; una vez que los organismos lo convierten en formas inorgánicas (amonio y nitrato), destacando el papel de las raíces de las plantas y la transformación asociada del nitrógeno en la rizósfera. El N, es requerido por todas las células, componente necesario de todas las proteínas y enzimas y participa en los procesos metabólicos de transformación energética (Jackson et al., 2023). Es vital en las plantas y representa entre 1,5 a 2,0% de la materia seca de las plantas, ellas toman el nitrógeno desde diversas fuentes, aire, agua, lluvia, forma molecular (N₂) y fertilizantes (Mahboob et al., 2023). El suministro afecta el crecimiento de las plantas, el rendimiento de frutos y semillas, la calidad de y desarrollo de hojas y planta en general, por ello su importancia en la productividad agrícola. En opinión de Joshi et al. (2023) el suministro de nitrógeno a un cultivo, afecta el estado hormonal de las plantas, y las fitohormonas como el ácido abscísico (ABA), el ácido indol-3-acético (IAA) y las citoquininas (CK) están fuertemente conectadas con la señalización del nitrógeno, así Ahmad et al. (2023) indica que la disponibilidad de nitrógeno está estrechamente asociado con las citoquininas en muchas especies de plantas, y el metabolismo y la translocación de las citoquininas están influenciados por el estado nutricional del nitrógeno. Específicamente en palto es importante considerar las tasas, sino también los tiempos, tal como lo recomiendan Salvo y Lobatt (2016) para el palto Hass, usar solo lo necesario para cubrir la demanda de la planta y en etapas de alta demanda de N para aumentar el rendimiento total, el rendimiento de fruta y reducir la pérdida potencial de NO₃⁻ por lixiviación.

b) Fósforo

El fósforo es un elemento no metálico, que es empleado como macronutriente por la planta; sin embargo, su disponibilidad en el suelo es frecuentemente limitada lo que resulta en una grave limitación del rendimiento de los cultivos y plantea un riesgo sustancial a la seguridad alimentaria mundial (Heuer et al., 2017). La disponibilidad del fósforo también se ve influenciado por la microbiota del suelo, y pueden darse dos situaciones, la primera es establecerse relaciones benéficas como sucede con las micorrizas o pueden darse competencias (López-Arredondo et al., 2014). El trabajo de Bañuelos et al. (2017) refiere que el uso de micorrizas en el cultivo de palto, tuvo efectos positivos y significativos sobre el desarrollo de las plantas inoculadas respecto de las plantas control.

El fósforo en las plantas cumple funciones metabólicas y procesos fisiológicos que incluyen el metabolismo energético, la división celular, la síntesis de ADN y la biosíntesis de fosfolípidos, principalmente como fosfato (Pi) o ésteres de Pi (Isidra-Arellano et al., 2021). La carencia de fosforo en el suelo afecta negativamente la producción de frutos, las características de calidad durante el crecimiento vegetativo y desarrollo de las raíces, lo que finalmente se traduce en una reducción del rendimiento de los cultivos (Jezek et al., 2023). Para superar carencias y mejorar los rendimientos de cultivos se recurre a la fertilización del suelo, con diferentes fuentes las que podrían ser orgánicos o fuentes químicas o la combinación de ambas, en cualquier caso, es de suma importancia considerar las condiciones de cultivo, edad, clima, así como características del suelo. Así el reporte de Rebolledo-Roa et al. (2023) refiere que el reincorporar minerales extraídos por la cosecha al suelo y el estado de los nutrientes de las plantas son herramientas útiles para guiar el manejo de la fertilización de los cultivos cuando se ajustan a las condiciones químicas locales del suelo y a los requisitos de los cultivos para minimizar las pérdidas de nutrientes.

c) Potasio

El potasio en el suelo, es un macronutriente que se encuentra formando parte de los minerales silicatados y que se van solubilizando de acuerdo a las condiciones físico químicas del suelo. A partir de una gran reserva de la corteza terrestre el potasio resulta disponible para las plantas en general se rige por diferentes formas de potasio, a saber, K soluble en agua, K intercambiable, K fijo y K mineral. Sin embargo, la disponibilidad de K^+ del suelo o de los fertilizantes depende de la textura del suelo, el contenido de humedad del suelo, el pH y algunos otros factores. En la planta el potasio desencadena la activación de la enzima adenosina trifosfato (ATP) sintasa. La H^+ -ATPasa unida a la membrana plasmática está influenciada por el contenido de K. Sus funciones biológicas en los procesos fisiológicos de las plantas aún faltan descubrirse completamente. Están asociados a las fitohormonas (Wang et al., 2013). Está involucrado en la regulación disminuyendo las especies reactivas de oxígeno en las plantas. Reduce la actividad de las oxidasas de nicotinamida adenina dinucleótido fosfato (NADPH) y retiene la actividad fotosintética de transporte de electrones (Hasanuzzaman et al., 2018).

d) Calcio, Magnesio y Azufre

El calcio, magnesio y azufre son macronutrientes secundarios y se encuentran en el suelo, a partir del cual las plantas los toman como cationes al calcio y magnesio y como sulfatos al azufre. En el caso del calcio se indica que se concentra en 0.1 - 5% en materia seca de la planta, su deficiencia se puede observar en los tejidos de rápido crecimiento que resulta demandante causando síntomas como necrosis celular de hojas jóvenes y pudrición apical de frutos, debido a la inmovilidad del elemento en las plantas (Ho & White, 2005). Sirve como componente de las paredes y membranas celulares y, por tanto, contribuye a la estructura de las células y al mantenimiento de barreras físicas contra los patógenos. Se considera que además de su papel estructural, la función principal del calcio es su capacidad de servir como segundo mensajero en una variedad de procesos que van desde el crecimiento de la raíz o el tubo polínico hasta la fertilización (Zhang et al., 2017).

En relación al magnesio, se considera que es el componente fundamental de los pigmentos de clorofila, en el fotosistema, para captar la luz en los cloroplastos, por tanto, participa en la asimilación fotosintética de CO₂ (Gerendás y Fühns, 2013). Participa en la síntesis de proteínas, así como actúa como cofactor de numerosas enzimas (más de 300) involucradas en la biosíntesis de clorofila y fijación fotosintética de CO₂ (Chen et al., 2018). Al magnesio también se le atribuye de participar en el transporte de sacarosa, el metabolismo energético, el uso del nitrógeno, desarrollo del polen y la fertilidad masculina, la tolerancia al estrés (Chen et al., 2018; Li et al., 2020).

El azufre en el suelo, principalmente está presente en la materia orgánica y es la forma aniónica (SO₄²⁻) la principal fuente para las plantas y es la que está en pequeñas cantidades en el suelo (Prakash et al., 2022). El azufre es importante en la estructura de proteínas y el funcionamiento de las enzimas. Los metabolitos del azufre, como el glutatión, protegen las plantas contra el estrés oxidativo, los metales pesados y los xenobióticos. También participa en compuestos secundarios de azufre secundarios (glucosinolatos, péptidos γ -glutamil y aliinas), fitoalexinas, proteínas ricas en azufre (tioninas), de importancia en los mecanismos de defensa de las plantas (Zhao et al., 2008).

e) Micronutrientes Fe, Cu, Zn, Mn, B y Mo

Los micronutrientes u oligoelementos son aquellos que son indispensables para el crecimiento y desarrollo de las plantas necesarias en pequeñas cantidades. Razón por la

cual el suministro debe ser cuidadoso y equilibrado afín de optimizar el crecimiento, la maduración y el rendimiento de las plantas. A los microelementos se les adjudica ejercer influenciar en los atributos estéticos y sensoriales del producto, debido a que mejoran características como el tamaño, color y sabor de la fruta, paralelamente refuerzan significativamente la robustez de la planta y el rendimiento general (Nazir et al., 2024), el mismo autor destaca que los microelementos contribuyen en la síntesis de vitaminas y compuestos bioactivos. Con el agregado de desempeñar un papel fundamental en la preservación de la firmeza de la fruta, manteniendo una coloración constante y conservando las propiedades antioxidantes. Estos oligoelementos, suelen ser presentes en pequeñas cantidades, son indispensables para activar y ayudar a las enzimas para impulsar reacciones metabólicas (Gomes et al., 2020).

El Hierro es un elemento al que se le reconoce como la columna vertebral de innumerables reacciones enzimáticas. El elemento asegura que procesos como la fotosíntesis, desde su papel en la formación de clorofila, la respiración y el metabolismo del nitrógeno funcionen de manera eficiente (Li et al., 2021). Su carencia puede inducir a un retraso en el crecimiento sobre todo en suelos alcalinos o calcáreos; sin embargo, condiciones como anegamiento, pH alto del suelo, cobertizos de plástico o niveles elevados de fósforo también pueden intensificar las deficiencias (Mahawar et al., 2022).

El cobre, es esencial para diversas reacciones enzimáticas, por lo que afecta la síntesis de lignina y la formación de pigmentos (Sun et al., 2019). Colabora durante la formación de clorofila, se asume que su ausencia afecta la fotosíntesis y la producción de energía. La escasez de Cu también puede causar el desarrollo del fruto, lo que lleva a un crecimiento vegetativo deficiente, calidad y coloración del fruto. Participa en diversos procesos fisiológicos desde la actividad antioxidante y el desarrollo del sabor hasta la formación de pigmentos, por ello Mo et al. (2022), refieren que el cobre posee efectos beneficiosos con influencia directa en la calidad de la fruta: tomates, cítricos y uvas, cuya calidad fue mejorada, luego de suministrar adecuadamente cobre.

El zinc, es otro elemento y sus funciones abarcan desde la síntesis y metabolismo de ADN hasta el metabolismo de la glucosa, de este modo es de mucha importancia en las funciones celulares (Balandrán-Valladares et al., 2021). Es indispensable para numerosas reacciones enzimáticas en las plantas con profundas implicaciones celulares

(Stanton et al., 2022). Ayuda a las hormonas del crecimiento de las plantas y el sistema enzimático (Saini et al., 2019). El zinc es un cofactor, de enzimas como alcohol deshidrogenasa, superóxido dismutasa, anhidrasa carbónica y la ARN polimerasa. Las plantas también requieren del zinc para la síntesis de triptófano, un aminoácido clave en la síntesis de la auxina ácido indolacético (Castillo-González et al., 2018). La participación del zinc en el metabolismo de la glucosa influye en el tamaño de fruta, el desarrollo del color, el contenido de azúcar, la composición de compuestos fenólicos, la actividad antioxidante y el rendimiento y la calidad general de la fruta. También su concentración es menor en suelos con un pH alto, materia orgánica limitada o exceso de fósforo, las deficiencias de Zn son comunes y se manifiestan como clorosis, retraso en el crecimiento y deformidades de las hojas (Chhabra y Kumar, 2018).

El manganeso es fundamental en los procesos de fotosíntesis y la activación enzimática, la síntesis de clorofila y la disponibilidad de fósforo se ven reforzadas por el manganeso, se asocia a los procesos de oxidación y reducción, como transporte de electrones en la fotosíntesis. El comportamiento del manganeso en el suelo resulta similar al de los otros micronutrientes, dado que se vuelve deficiente en suelos con pH alto o alcalinos (Alejandro et al., 2020).

El boro es un oligoelemento esencial que desempeña un papel fundamental en los procesos fisiológicos de las plantas superiores. Está presente en la integridad estructural y funcional de la pared y las membranas celulares, los flujos de iones (H^+ , K^+ , PO_4^{-3} , Ca^{+2}) a través de las membranas, la división y elongación celular, el metabolismo del nitrógeno y los carbohidratos, el transporte de azúcar, las proteínas citoesqueléticas, y enzimas unidas al plasmalema, ácido nucleico, ácido indolacético, poliaminas, ácido ascórbico y metabolismo y transporte de fenol, que se traducen en el crecimiento de frutos, la germinación del polen y la producción de semillas (Shireen et al., 2018). Por lo que si se garantiza un suministro adecuado de boro a menudo se traduce en mejoras notables en el tamaño, la forma y el cuajado de la fruta. Así la naranja dulce Cv. "Rojo sangre, puede presentar un mayor contenido de azúcar, mejor sabor y color más vibrante cuando se tratan con boro (Walli et al., 2022).

El molibdeno es un micronutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas superiores y desempeña un papel vital en el proceso fotosintético (Huang et al.,

2022). Usualmente asociado a la asimilación de nitrógeno; por ende, de las proteínas. Tiene mucha influencia en la fijación simbiótica y la actividad de la enzima nitrato reductasa (Valenciano et al., 2011). Los resultados de Rutkowska et al. (2017) concluyen que el pH del suelo, es el factor más influyente en la concentración de molibdeno en la solución del suelo. En suelos arenosos ácidos el contenido de molibdeno de la solución del suelo es muy pequeña para cubrir las necesidades nutricionales de las plantas. Lo que lleva a pensar en la fertilización. El encalado regular de los suelos y la fertilización con fósforo pueden mejorar la disponibilidad de molibdeno para las plantas. Entonces la carencia del elemento en el suelo, puede causar la desorganización de reacciones fisiológicas y bioquímicas en plantas, provocando una disminución del crecimiento de plantas y la calidad de los alimentos (Liu et al., 2017).

En todos los casos las múltiples variantes de clima, edad del cultivo, el tipo de cultivo, suelo y el potencial rendimiento, hacen que exista una variación en los requerimientos de nutrientes. En el caso específico del palto, igualmente puede variar, sobre todo con el potencial de producción, siendo de este modo importante sincronizar el suministro de nutrientes de fertilizantes en función de la demanda del cultivo puede mejorar el rendimiento y la calidad de la fruta y mejorar la absorción de nutrientes. Así Selladurai & Awachare (2020) indican que las necesidades de nutrientes del palto en diferentes etapas de crecimiento se pueden formular en base al análisis periódicos del suelo, monitoreando la concentración de nutrientes de las hojas en diferentes etapas de crecimiento, la extracción total de nutrientes por los frutos cosechados y el potencial de rendimiento.

Según Salazar-García (2002) las deficiencias nutricionales de micronutrientes en el cultivo del palto son los siguientes, tomas fotográficas.

Figura 1.1

Síntomas de deficiencia de hierro



Descripción: Frutos amarillos (izquierda) y hojas jóvenes (centro e izquierda) con síntomas de clorosis férrica (amarillamiento internerval).

Figura 1.2

Síntomas de deficiencia de cobre



Descripción: Hojas jóvenes de menor tamaño (izquierdo). Brotes maduros con hojas de menor tamaño que las normales por deficiencia de cobre (derecha).

Figura 1.3

Síntomas de deficiencia de zinc



Descripción: Entrenudos cortos (izquierda), brotes apicales arosetadas (medio) y frutos redondos y lisos (derecha) por deficiencia de zinc.

Figura 1.4

Síntomas de deficiencia de manganeso



Descripción: Síntomas de deficiencia de manganeso, con clorosis internerval (izquierda), síntomas con exceso de manganeso, caracterizado por el oscurecimiento de las nervaduras y pérdida de color de las hojas (centro) e inicio de formación de un mosaico clorótico en bordes y entre nervaduras.

Figura 1.5

Síntomas de deficiencia de boro



Descripción: Deformación en la inserción del pedúnculo en frutos, con forma arriñonada (izquierda y centro) y hojas con deformación y distorsión del crecimiento marginal, toman la forma de una cuchara (derecha), por deficiencia de boro.

f) Exceso de nutrientes y sales en el cultivo de palto

Martínez et al. (2014) manifiesta que el exceso de sales en el suelo o del agua de riego, provoca síntomas característicos como la necrosis en el ápice y márgenes de las

hojas del palto. Esta necrosis puede involucrar a una buena parte de las hojas que afectan la actividad fotosintética y transpiración, lo que reducen la productividad. En casos más severos se presenta defoliación del árbol (Lahav y Whiley, 2002).

1.8. Rentabilidad económica

1.8.1. Costos de producción

Según Condeña (2020), los costos de producción por la visión en el producto de una actividad agrícola, se clasifican en costos directos y costos indirectos.

a) Costos directos

Intervienen directamente en el proceso productivo y terminan formando el producto final, está constituido por materias primas e insumos agrícolas como: fertilizantes, semillas, pesticidas, abonos orgánicos, hormonas, plantones de frutales; mano de obra directa como: sueldos y salarios; y otros gastos como la tarifa por el consumo de agua de riego para los cultivos.

b) Costos indirectos

Son aquellos costos que intervienen indirectamente en el proceso productivo y no forman parte del producto final. Está constituido por mano de obra indirecta (sueldos y salarios); equipos, herramientas, materiales, vestuarios, útiles y otros; los suministros y servicios; seguros, impuestos, contratos, alquileres e intereses; depreciación.

Para Alborov et al. (2021), los costos de producción agrícola incluyen recursos, mano de obra, pagos y contabilidad de gestión, así determinar el costo total de producción, el ingreso bruto, el ingreso neto operativo y la utilidad operativa.

1.8.2. Valor bruto de producción

En el sector agrario, el análisis económico de una actividad productiva está establecido por el valor bruto de producción; es por ello, el Ministerio de Economía y Finanzas (2014), sugiere que para obtener el valor bruto de producción (VBP) en los cultivos, se considera el rendimiento (Kg. ha^{-1}) y el precio de venta del producto en campo (S/. x Kg).

1.8.3. Valor neto de producción

Del mismo modo, el Ministerio de Economía y Finanzas (2014), aclara que para obtener el valor neto de producción (VNP) se considera el valor bruto de producción (S/. x ha), y el costo de producción (S/. x ha).

1.8.4. Mérito económico

La rentabilidad de una actividad agrícola, en opinión de Condeña (2020), se evalúa con los indicadores de carácter económico financiero como el valor neto actual, la tasa interna de retorno, la relación beneficio/costo, el periodo de recuperación de capital.

a) El valor neto actual

Es el indicador que mide la rentabilidad del proyecto en términos monetarios, siendo una técnica de evaluación que permite calcular y comparar en el momento actual, el valor de los ingresos y egresos proyectados de una inversión durante el horizonte de evaluación del proyecto a una determinada tasa de descuento (Condeña, 2020).

Es la ganancia o pérdida generada por un proyecto agropecuario en términos monetarios absolutos durante el horizonte de evaluación del proyecto, luego de haber cubierto los costos de inversión inicial, costos de producción, costos operativos, uso de capital y expectativas de la inversión (Condeña, 2020).

La fórmula es:

$$VAN = I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{(Ba - Ca)}{(1 + i)^n}$$

Donde:

- VAN = Valor Actual Neto
- I_0 = Inversión inicial en el periodo cero
- Ba = Beneficios actualizados
- Ca = Costos actualizados
- i = Tasa de descuento
- n = Numero de periodos (horizonte de evaluación)

b) Relación Beneficio / Costo (B/C)

Es la relación que determina el excedente generado por cada unidad de inversión realizada después de haber cubierto los costos de inversión y la operación y mantenimiento del proyecto. Es el cociente entre la sumatoria de beneficios actualizados (ingresos totales) y la sumatoria de costos actualizados (egresos totales) descontados a una determinada tasa de descuento (Condeña, 2020).

La fórmula es:

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^n Ba/(1+i)^n}{\sum_{t=0}^n Ca/(1+i)^n}$$

Donde:

- B/C = Beneficio / Costo
- Ba = Beneficios actualizados
- Ca = Costos actualizados
- i = Tasa de descuento
- n = Número de periodos

CAPÍTULO II

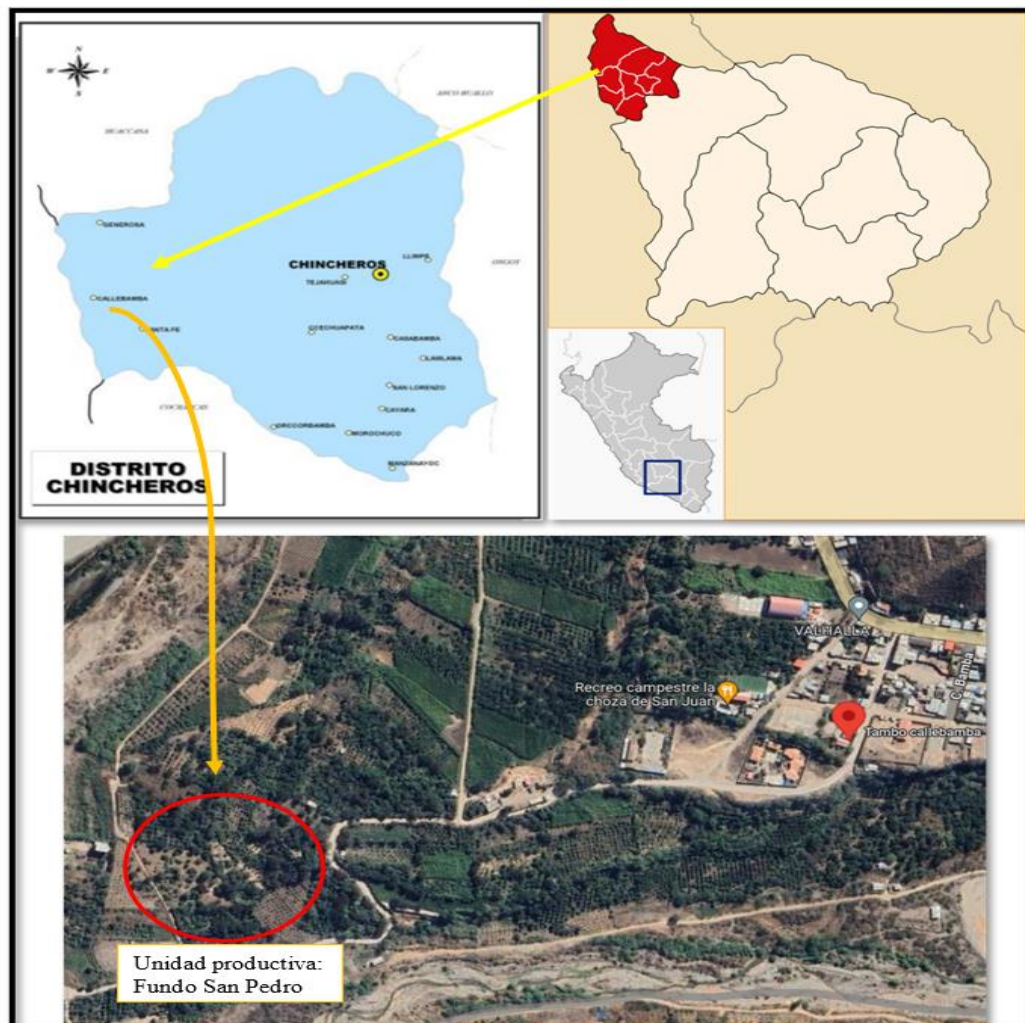
METODOLOGÍA

2.1. Ubicación

El trabajo de investigación se realizó en el Centro Poblado de Callebamba, distrito de Chincheros, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac. Ubicado a $13^{\circ} 31' 4.08''$ latitud sur, $70^{\circ} 43' 24.6''$ longitud oeste a una altitud de 1990 m.s.n.m.

Figura 2.1

Ubicación de la unidad productiva estudiados en el experimento



2.2. Características climáticas

En la tabla 2.1 se observa los datos meteorológicos registrados en la campaña abril del 2021 a marzo del 2022, periodo de tiempo durante el cual se observó que la temperatura máxima se presentó en el mes de octubre y la más baja en los meses de junio y julio, con 33.5°C Y 11.8°C, respectivamente. La humedad relativa, varía de acuerdo a las estaciones, siendo alta entre los meses de diciembre a marzo con un promedio de 96.5% y entre los meses de septiembre y octubre disminuye hasta 94.5%. La mayor precipitación mensual se presentó en el mes de febrero registrándose 272 mm y la menor en el mes de julio no habiéndose registrado precipitación. Finalmente son estas las condiciones climáticas en los que se adaptan cultivos como caña de azúcar, palto, mango, cítricos y otros frutales de zonas cálidas.

Tabla 2.1

Registro de temperatura, humedad relativa y precipitación en la campaña 2021 – 2022 Pampas – Chincheros

Distrito : Los Chankas Altitud : 2021 m.s.n.m

Provincia : Chincheros Latitud : 13°26'5.57"

Región : Apurímac Longitud : 73°49'27.37"

Estación meteorológica convencional Pampas - Los Chankas – Chincheros

Año / mes	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)	Precipitación (mm/mes) Total
	Máxima	Mínima	Media		
2021/04	32.2	11.9	22.1	95.3	104.6
2021/05	31.9	11.3	21.6	95.9	28.6
2021/06	31.7	10.8	21.2	95.2	0
2021/07	32.3	10.8	21.5	94.7	2
2021/08	32.9	11.7	22.3	95.0	2
2021/09	32.4	12.3	22.4	94.5	32
2021/10	33.5	12.4	22.9	94.6	56.8
2021/11	33.2	13.1	23.1	95.7	157.4
2021/12	31.9	12.3	22.1	96.8	144.2
2022/01	31.8	12.1	21.9	96.2	183.2
2022/02	30.9	11.2	21.0	96.7	272
2022/03	31.6	11.8	21.7	96.5	125.2

Fuente: SENAMHI

2.3. Muestreo y análisis de caracterización del suelo

Para la determinación de las características físicas y químicas del suelo, se tomaron submuestras considerando el protocolo de muestreo, de los que se obtuvo una muestra representativa de aproximadamente 1 kg, la misma que fue analizada en un laboratorio especializado en la provincia de Huamanga, región Ayacucho. Los resultados del análisis físico y químico, se muestran en la tabla 2.2.

Tabla 2.2

Análisis de caracterización del suelo agrícola del área experimental en Callebamba

Propiedades	Unidad	Valor	Interpretación
pH		8.29	Alcalino
C.E.	dS.m ⁻¹	0.54	Normal
CaCO₃	(%)	23.85	Alto
Nt	(%)	0.15	Medio
M.O.	(%)	3.10	Medio
P	ppm	3.70	Muy bajo
K	ppm	87.00	Bajo
Arena	(%)	54.00	-
Limo	(%)	21.00	-
Arcilla	(%)	25.00	-
Clase Textural		Fr.Ar.A.	Franco arcillo arenoso
CIC	Cmol (+).kg ⁻¹	17.99	Medio
Ca⁺⁺	Cmol (+).kg ⁻¹	15.48	
Mg⁺⁺	Cmol (+).kg ⁻¹	1.99	
K⁺	Cmol (+).kg ⁻¹	0.34	
Na⁺	Cmol (+).kg ⁻¹	0.18	
Relaciones catiónicas			
Ca/Mg	7.78		Equilibrio
Ca/K	45.52		Déficit de potasio
Mg/K	5.85		Déficit de potasio
Micronutrientes			
Fe	ppm	25.00	
Cu	ppm	3.00	
Mn	ppm	1.00	
Zn	ppm	1.00	
B	ppm	0.21	
Saturación de bases	(%)	100.00	

El suelo se caracteriza por ser de naturaleza alcalina, con muy poca presencia de sales, elevado contenido de carbonatos, medio en materia orgánica y nitrógeno total, muy pobre contenido de fósforo disponible, así como bajo nivel de potasio, de clase textural moderadamente fina, medio en capacidad de intercambio catiónico y con cationes en

desequilibrio en desmedro del potasio. La presencia de micronutrientes es pobre y la saturación de bases es alta.

2.4. Material biológico

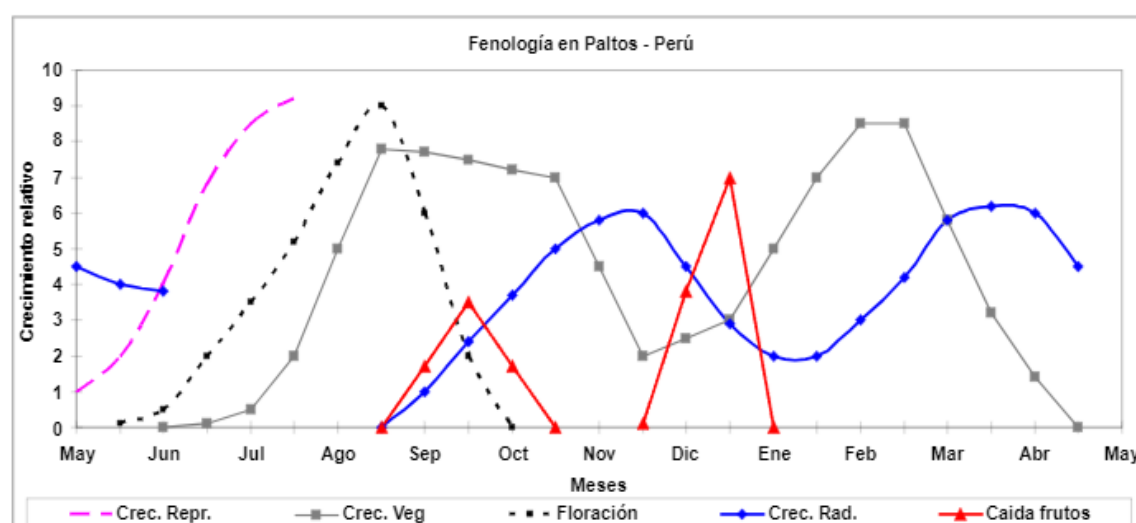
Se emplearon plantas de palto (*Persea americana*) de la variedad Fuerte, injertadas sobre patrón topa topa, las misma que cuentan con 5 años de edad. Se emplearon 20 plantas en el experimento.

2.5. Descripción de estados fenológicos

En Perú tiene las curvas fenológicas un tanto diferentes, así el pico de crecimiento radicular es algo más temprano en Perú y la floración del palto es más temprano que en Chile y Sudáfrica. Este hecho conduce a que la cosecha también sea más temprana (Francisco, 2004). En la figura 2.2 se resumen los estados fenológicos del palto que desarrollan en Perú.

Figura 2.2

Ciclo fenológico del cultivo de palto en el Perú



Fuente: Vargas (1991) citado por Francisco (2004)

2.6. Tratamientos en estudio

Se consideraron tres niveles de micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn y B), como tratamientos, cuya descripción se observa en la tabla 2.3 y la distribución de los mismos se observan en la figura 2.3.

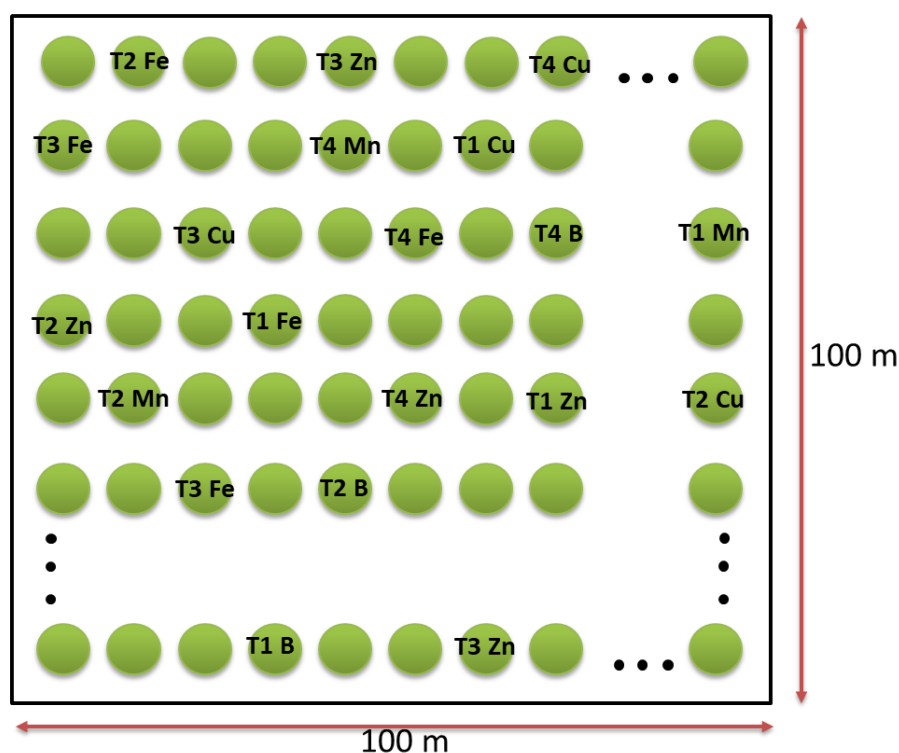
Tabla 2.3

Descripción de los tratamientos estudiados en el experimento

Tratamientos	Fe	Zn	Cu	Mn	B	
	(kg ha ⁻¹)					
T1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	con macronutrientes
T2	6.00	21.00	2.50	10.00	8.25	con macronutrientes
T3	9.00	31.50	5.00	20.00	11.00	con macronutrientes
T4	Testigo absoluto					

Figura 2.3

Croquis de distribución de unidades experimentales del experimento



2.7. Diseño metodológico y análisis estadístico

El experimento fue distribuido en el diseño completamente al azar (DCA), los resultados obtenidos de la evaluación fueron tabulados y sometidos a la prueba de ANVA, las fuentes de variabilidad que resultaron significativos se sometieron a la prueba de contraste de Tukey. Adicionalmente se efectuaron pruebas de regresión y correlación.

El modelo aditivo lineal (MAL) es:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} : observación del i-ésimo nivel de micronutrientes en la j-ésima repetición.

μ : efecto de la media general o promedio de las unidades experimentales.

A_i : es el efecto del i-ésimo nivel de micronutrientes.

ε_{ijk} : es el error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.

2.8. Instalación y conducción del experimento

2.8.1. Control de malezas

Con la finalidad de evitar la competencia y la presencia de posibles plagas, se realizó el control de malezas en forma manual utilizando para ello herramientas como los azadones, en diferentes periodos de tiempo y durante la ejecución del experimento.

2.8.2. Selección de plantas

realizó la selección de plantas de palto variedad Fuerte, en número de 20, para adecuarlas al estudio, se procedió con el marcado y se dispuso el tratamiento de acuerdo con el diseño elegido. Las plantas elegidas cumplieron el requisito de sanidad al estar libres de plagas y enfermedades.

2.8.3. Poda

La poda se realizó la segunda semana de abril del año 2021, en cada una de las plantas seleccionadas junto a todas alrededor, haciendo uso de herramientas como el serrucho y tijeras, lo cual consistió en eliminar ramas con síntomas de enfermedades, no vigorosas y los que están en el centro de la copa de la planta, esto para favorecer el ingreso de luz y aire. Una vez realizada la poda, se aplicó cicatrizante para sellar y evitar el ingreso de patógenos.

2.8.4. Abonamiento

De acuerdo con el análisis de suelo obtenido y la evaluación de los mismos, se realizó la formulación de abonamiento correspondiente, empleando niveles de extracción de nutrientes propuesta por Floria Bertch (2009).

Se emplearon macronutrientes, para el primer abonamiento: 120 FDA – 50 SK – 400 GI todo en kg ha^{-1} , en el segundo abonamiento se aplicó: 30 kg ha^{-1} de SK, mientras que el tercer abonamiento se utilizó: 50 Úrea – 75 SK, todo en kg ha^{-1} y para el cuarto

abonamiento: 70 Úrea – 75 SK, todo en kg ha⁻¹ aplicados a todos los tratamientos de niveles de micronutrientes (T1, T2, y T3) exceptuando al testigo (T4).

Los micronutrientes Boro (B), Zinc (Zn), Manganeseo (Mn), Hierro (Fe) y Cobre (Cu), fueron aplicados en dos momentos, luego de la poda e inicios de la floración. En la figura 2.4, se grafica las actividades de abonamiento realizadas, de acuerdo a los estados fenológicos del cultivo.

Figura 2.4

Aplicación de abono según estados fenológicos del cultivo de palto variedad Fuerte



Crecimiento vegetativo

Floración

Cuajado

Fructificación

Abono/macronut.

Abono/macronut.:

Abono/macronut.:

Abono/macronut.:

- Fosfato Diamónico
- Sulfato de potasio

- Sulfato de potasio

- Sulfato de potasio

- Sulfato de potasio

Micronutrientes:

- Úrea

- Guano de isla

- Úrea

- Quelato de hierro

Micronutrientes:

- Sulfato de zinc

- Sulfato de cobre

- Sulfato de Manganeseo

- Bórax

- Bórax

- Quelato de hierro

- Sulfato de zinc

- Sulfato de cobre

- Sulfato de Manganeseo

2.8.5. Control fitosanitario

Para realizar el control sanitario, realizó previa evaluación constante, identificando la presencia de plagas (trips, arañita roja, mosca blanca y queresas) y

enfermedades (muerte regresiva y antracnosis) en las plantas. Para el control se empleó sulfato de cobre pentahidratado, abamectina, thiamethoxam y lambda cyalothrin.

2.8.6. Riego

Se realizó mediante sistema de riego a gravedad (tradicional). La frecuencia de riego fue cada 8 a 10 días durante los meses de abril a agosto y cada 12 a 15 días en los meses de setiembre a diciembre, ya que no hubo suficiente agua para realizar el riego correspondiente según la necesidad del cultivo.

2.8.7. Cosecha

Para iniciar la cosecha se realizó la evaluación del índice de madurez o cosecha:

- Color del pedúnculo: amarillo
- Color de la cáscara: verde oscuro con escaso brillo
- Color de las lenticelas: amarillo
- Textura de la cáscara: suave y delgada
- Forma del fruto: aplanada
- Color de la pulpa: zona pegada a la cáscara (5 mm aprox.) de color verde oscuro
- Color de testa de la semilla: marrón – bronceado

Lo que indica que, con estas características, la materia seca de la palta alcanza un promedio de 22 % y superiores a este porcentaje. Una vez que los frutos fueron alcanzando la madurez fisiológica, se fueron extrayendo para su respectiva evaluación, la cosecha se realizó en tres momentos, en el mes enero, febrero y marzo del 2022.

2.9. Parámetros productivos

2.9.1. Parámetros de rendimiento

a) Número de frutos planta⁻¹

A medida que se fueron cosechando los frutos, fueron registrados, llegándose a contar el número de frutos por planta, en cada uno de los tratamientos.

b) Peso de frutos (g)

Para determinar el peso de los frutos, se utilizó la balanza digital, se escogió 10 frutos al azar y así obtener el peso promedio por tratamiento.

c) Número de frutos/kg

Se procedió a contar el número de frutos por cada kg de los mismos, así obtener un promedio.

d) Rendimiento total (kg ha⁻¹)

La obtención del rendimiento total de frutos de palto, se obtuvo tras extrapolar el peso por tratamiento y sus repeticiones y llevar al número de plantas por hectárea.

e) Diámetro ecuatorial y polar de frutos (cm)

Con el calibrador vernier digital, se procedió a evaluar el diámetro ecuatorial y el diámetro polar de frutos, para lo cual se tomaron al azar 10 frutos y obtener un promedio de ellos.

2.9.2. Parámetros de rentabilidad

a) Costos de producción (S/. x ha)

Se registró los costos de producción, que demanda el manejo agronómico de plantaciones de palto, durante el ciclo productivo, hasta la cosecha comercial.

b) Valor bruto de producción (S/. x ha)

Se consideró el rendimiento del cultivo de palto (kg. ha⁻¹) por el precio de venta total en chacra (S/ x kg) orientado al mercado nacional.

c) Ingreso neto (S/. x ha)

Se consideró el valor bruto de producción (S/ x ha) menos el costo de producción total que demandó el cultivo de palto (S/.x ha).

d) Rentabilidad económica

La rentabilidad se determinó mediante el indicador económico: B/C.

2.10. Duración del trabajo de investigación

El periodo comprende desde la selección de plantas y poda en el mes de abril del 2021, hasta el periodo de cosecha de los frutos en campo en el mes de enero, febrero y marzo del 2022, la posterior evaluación en gabinete, para finalmente escribir, durante el periodo 2021/2022.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Parámetros productivos

3.1.1. *Peso de frutos (g)*

El peso de los frutos de palto por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes, muestran diferencia altamente significativa en el ANVA de la tabla 3.1.

Tabla 3.1

Análisis de varianza del peso de frutos de palto, por efecto de aplicación de niveles de micronutrientes

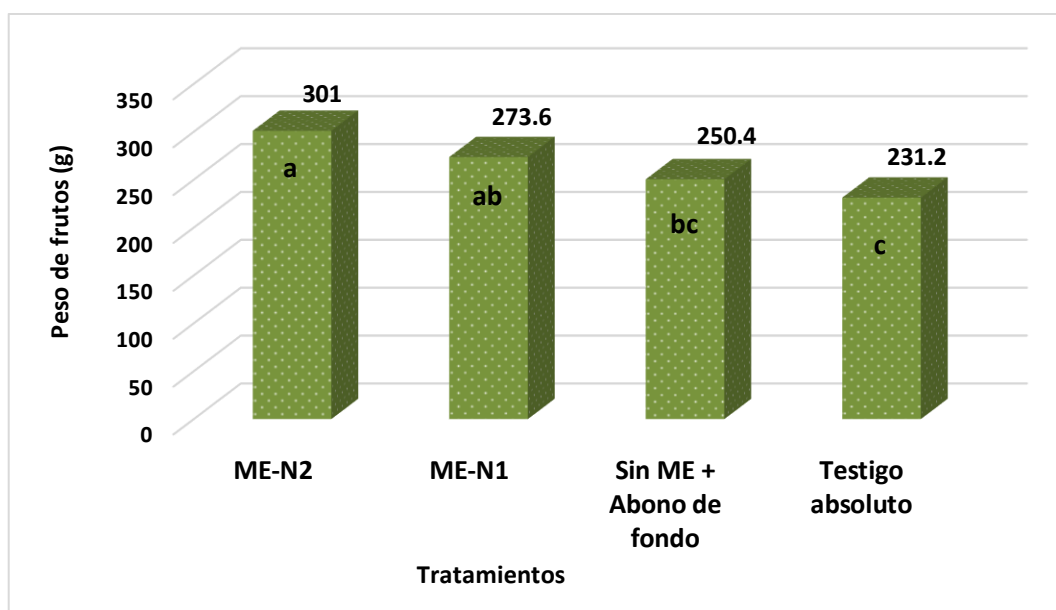
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	Sig.
Tratamientos	3	13609.750	4536.583	15.29	**
Error	16	4747.200	296.700		
Total	19	18356.950			

CV = 6.52%

La figura 3.1 de la prueba de Tukey muestra tres grupos diferenciados, donde la aplicación de micronutrientes en mayor nivel ocupa el primer lugar (301 g), sin mostrarse diferente al segundo (273.6 g) y ambos resultan estadísticamente diferentes a aquellos que no recibieron micronutrientes y macronutrientes, además el mismo tratamiento T3 muestra diferencias estadísticas con el tratamiento T1, que solo se aplicó macronutrientes, demostrándose la importancia de la participación fisiológica de los nutrientes en cada proceso funcional de las plantas. Detalle último que se observa en el análisis de tendencia de la figura 3.2, en el que la adición de micronutrientes hasta los niveles estudiados, permiten aumentar el peso de los frutos de palto Fuerte con una tendencia lineal, alcanzando hasta 301 g por fruto al aplicar las dosis altas de los micronutrientes (9Fe - 31.5Zn - 5Cu - 20Mn - 11B), en el tratamiento T3, contrastando con aquel que no recibió micronutrientes ni abono alguno (231.2 g).

Figura 3.1

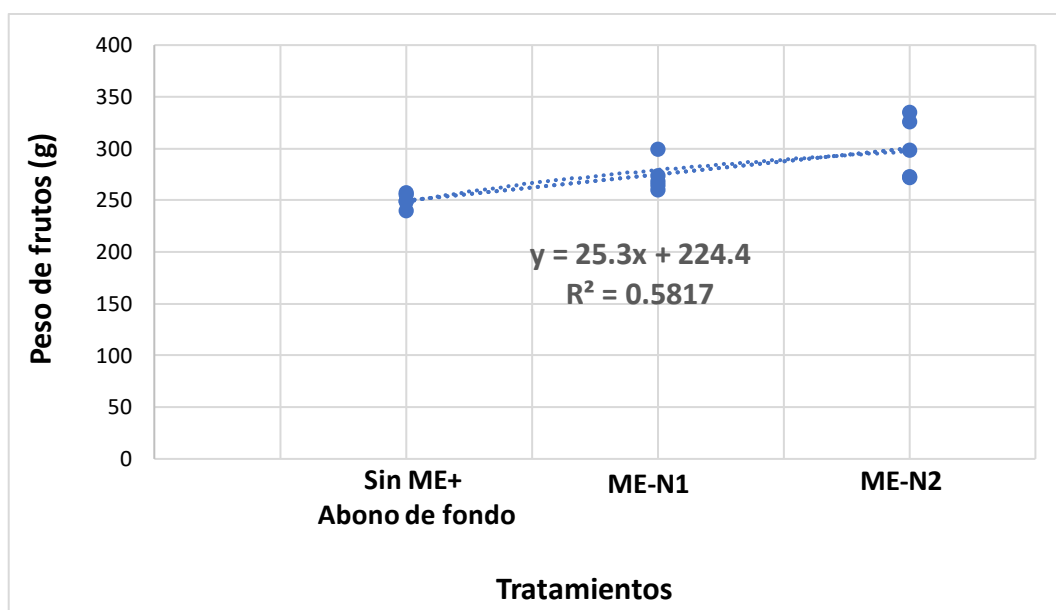
Prueba de Tukey del peso de frutos de palto, por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes



En el suelo evaluado sin duda la incorporación de micronutrientes resulta muy importante, no obstante hasta el momento no se puede afirmar que se alcanzó el mejor nivel, actividad que resulta complicada en vista de que los factores a considerar son varios, incluido el clima, las fluctuaciones de ella en cuanto a temperatura, horas luz, humedad en el suelo y características de éste, es decir no es sólo incorporar, es también buscar un momento, tal como afirman Selladurai & Awachare (2020), que el requerimiento de nutrientes del palto varía según el patrón de crecimiento estacional, las condiciones del suelo, el tipo de cultivo y el potencial de rendimiento, etc. Además, es importante considerar sincronizar la incorporación de nutrientes, con la meta de evitar las pérdidas desde el suelo y evitar así la contaminación ambiental.

Figura 3.2

Análisis de tendencia del peso de frutos de palto por efecto de niveles de la aplicación de niveles de micronutrientes



3.1.2. Número de frutos por planta y por kilogramo

Las tablas 3.2 y 3.3 muestran el ANVA del número de frutos de palto por planta, y por kilogramo, observándose en ambos casos diferencias altamente significativas y significativa en la última variable por efecto de la aplicación de micronutrientes, los coeficientes de variabilidad en ambos casos son de 9.86% y 10.86%, respectivamente, siendo adecuadas para el experimento.

Tabla 3.2

Análisis de varianza del número de frutos de palto Fuerte por planta, por efecto de aplicación de niveles de micronutrientes

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	Sig.
Tratamientos	3	11071.40	3690.46667	15.974	**
Error	16	3696.40	231.025		
Total	19	14767.80			

CV = 9.86%

Las figuras 3.3 y 3.4 correspondientes a las pruebas de Tukey, indican que el funcionamiento fisiológico de las plantas con la incorporación de micronutrientes resulta mejor, traduciéndose en mayor número de frutos de palto por planta y alcanza a 182.8

frutos con la mayor dosis (9Fe - 31.5Zn - 5Cu - 20Mn - 11B) en el tratamiento T3, para luego disminuir a menor nivel con 169.8 frutos tras aplicar (6Fe - 21Zn - 2.5Cu - 10Mn - 8.25B) en el tratamiento T2 y ambos estadísticamente diferentes superior cuando no reciben micronutrientes con 123 frutos y aun cuando se abona con macronutrientes (140.8 frutos).

Tabla 3.3

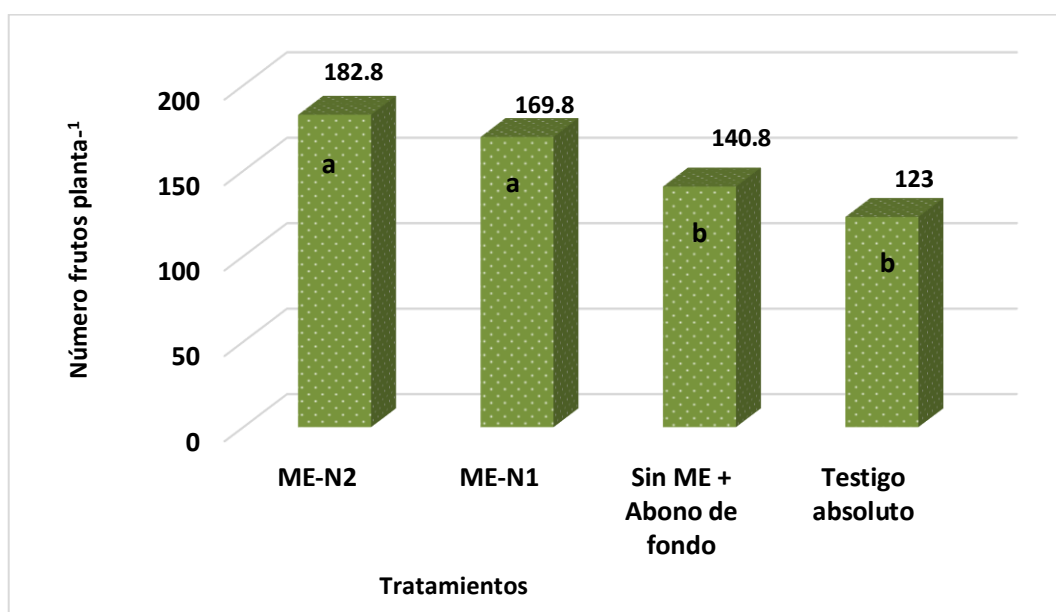
Análisis de varianza del número de frutos de palto Fuerte por kilogramo, por efecto de aplicación de niveles de micronutrientes

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	Sig.
Tratamientos	3	1.75	0.5830	3.33	*
Error	16	2.80	0.1750		
Total	19	4.55			

CV = 10.86%

Figura 3.3

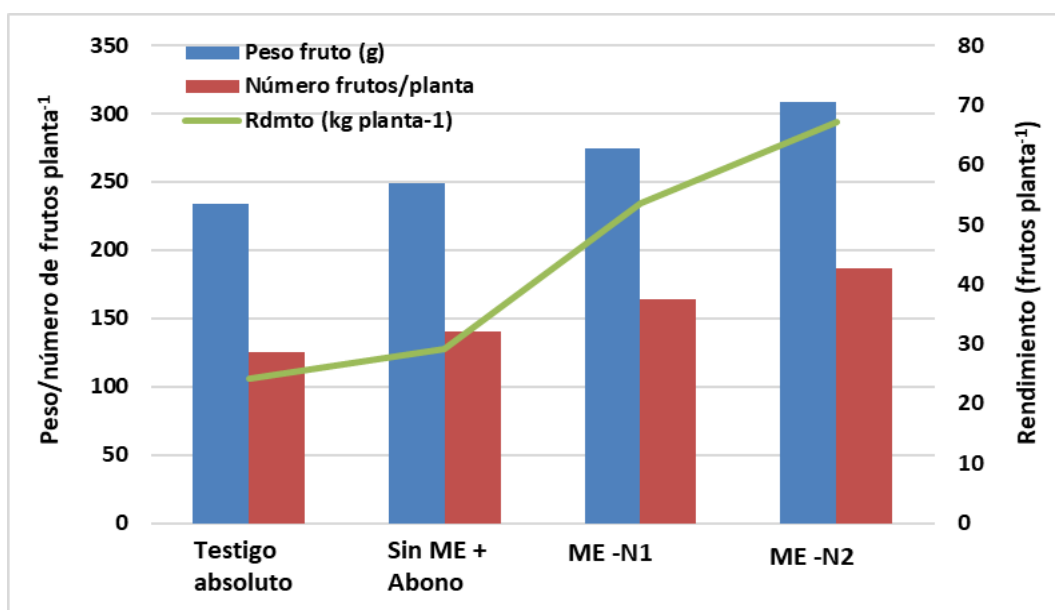
Prueba de Tukey del número de frutos de palto Fuerte por planta, por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes



Se trata de frutos de peso variable, tal como se vio en el ítem anterior quienes obtienen mayor peso y cantidad de ellos por planta, cuando se aplica micronutrientes, lo que permite aumentar el número de frutos y por tanto incrementa el rendimiento (figura 3.6).

Figura 3.4

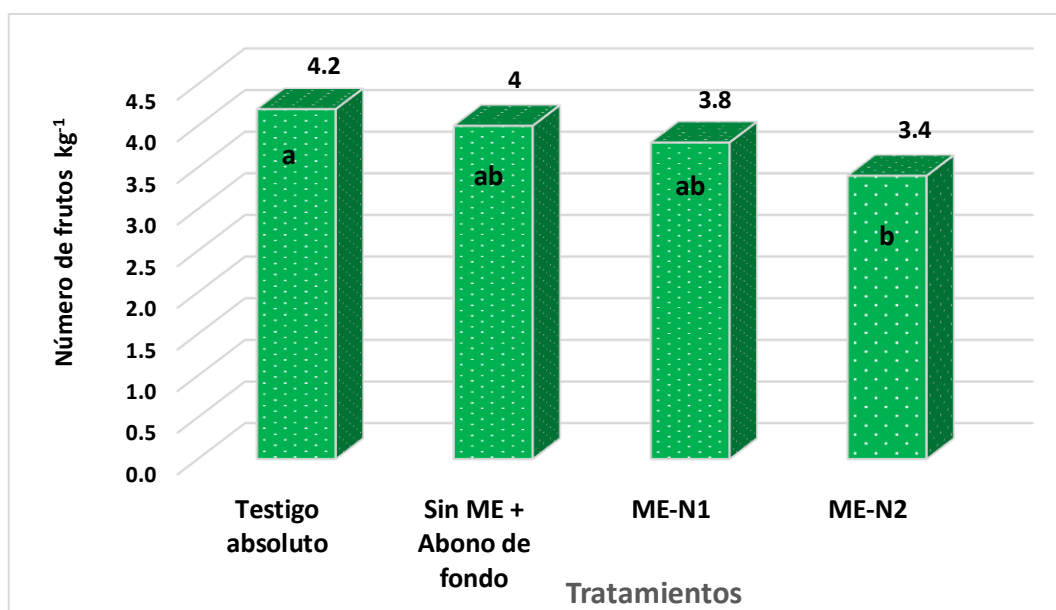
Relación del peso y número de frutos de palto Fuerte por planta y el rendimiento (kg planta⁻¹) por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes



Al considerar por kilogramo el número de frutos resulta menor con la aplicación de la mayor dosis de micronutrientes (ME-N2), tal como se observa en la figura 3.5., de este modo existiría mejor funcionamiento fisiológico, mayor formación de carbohidratos y demás metabolitos que permita florecer, cuajar, sostener y llenar cada fruto del palto por lo que existe menor número de ellos, de mayor peso por cada unidad de kilogramo. En tanto que la carencia minimiza las funciones fisiológicas y metabólicas y se provoca la formación de mayor número de frutos, de menor peso por cada kilogramo. Al recordar la participación de los microelementos, desde el crecimiento radicular y generación de hormonas con la participación del zinc, la formación de clorofilas, almacenamiento de energía y uso de nitrógeno con el hierro, manganeso influyendo en la síntesis de clorofila y el adecuado funcionamiento de los fotosistemas en la transferencia de energía, la fotosíntesis y aumento del contenido de azúcar en los frutos, control de antioxidantes del cobre, hasta la germinación del polen, influyendo en el cuajado de frutos con el B (Saini & Saini. 2019). Es evidente que la deficiencia conduce a una disminución de la productividad mientras que la incorporación de los micronutrientes es necesaria para un mejor crecimiento, floración, mayor cuajado de frutos, rendimiento y calidad.

Figura 3.5

Prueba de Tukey del número de frutos de palto Fuerte por kilogramo por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes



3.1.3. Rendimiento de frutos por planta (kg planta⁻¹)

Tabla 3.4

Peso de frutos/planta, número de plantas por hectárea y el rendimiento total

Tratamiento	Descripción	Peso de fruto por Planta (Kg pta ⁻¹)	Número de plantas (#ptas ha ⁻¹)	Rendimiento total (Kg ha ⁻¹)
T1	Abono sin ME	29.46	400	11784.00
T2	Nivel 1 de ME	53.62	400	21448.00
T3	Nivel 2 de ME	65.00	400	26000.00
T4	Testigo	23.79	400	9516.00

La tabla 3.4 presenta los datos de peso por planta, número de plantas por hectárea, con ellos se determina el rendimiento total de producción por hectárea en el cultivo de palto Fuerte.

La tabla 3.5 muestra el ANVA del rendimiento de frutos de palto, variedad Fuerte que recibieron macronutrientes y niveles de micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn y B), como parte de los tratamientos, se observa la existencia de diferencia altamente significativa entre los tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 17.56%, encontrándose dentro del margen de error en trabajos de campo.

Tabla 3.5

Análisis de varianza del rendimiento de frutos de palto Fuerte/planta, por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes

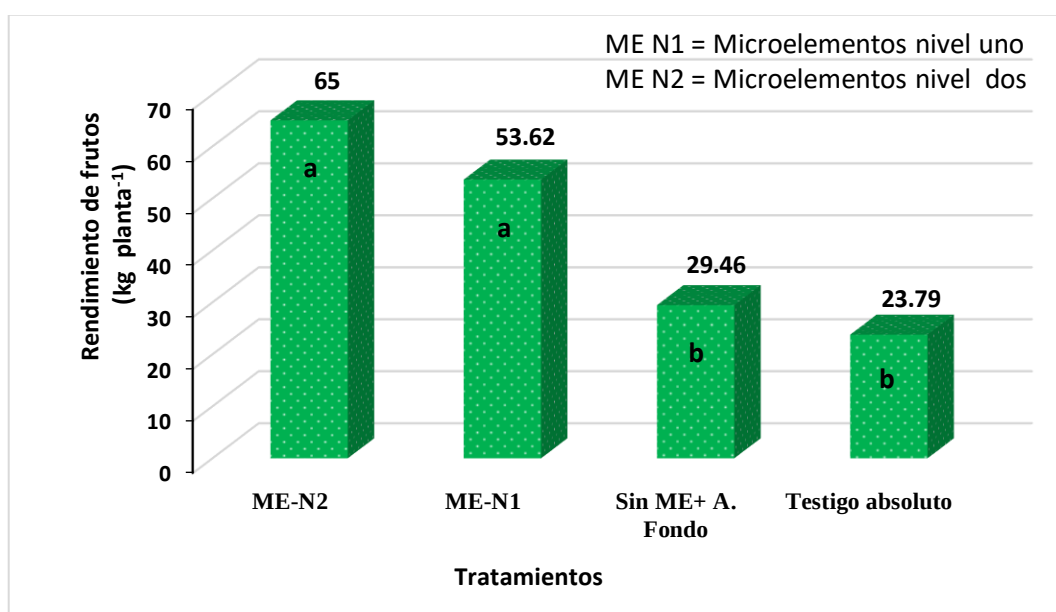
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	Sig.
Tratamientos	3	5745.6793	1915.226	33.63	**
Error	16	911.152	56.947		
Total	19	6656.8313			

CV = 17.56%

La figura 3.6 de la prueba de Tukey ($\infty 0.01$) muestra dos grupos marcados diferentes entre sí, así los tratamientos que recibieron ambos niveles de micronutrientes, resultan estadísticamente iguales y ocupan los primeros lugares de mayor rendimiento de palto, respecto de cuando no se aplica ningún micronutriente y el testigo absoluto, es decir el rendimiento con el aporte de fertilización completa incluido micronutrientes puede hacer una diferencia en cuanto a producción, tal como se puede observar en la figura 3.6, alcanzado a duplicar el rendimiento inclusive. Sin duda el aporte de nutrientes cuando ellos o son escasos o no existen en el suelo o están en una condición que no les permite ser utilizados adecuadamente, es muy importante como se recalca en la ley del mínimo, por las funciones fisiológicas que cumplen cada una de ellas.

Figura 3.6

Prueba de Tukey (0.01) del rendimiento de frutos de palto. planta⁻¹



Las funciones de cada elemento según el cultivo son diversas, así en el caso del hierro está asociado a cofactores que garantizan la actividad y/o la estabilidad de las metaloproteínas involucradas en una gran cantidad de procesos fisiológicos como la respiración, fotosíntesis, asimilación de azufre y nitrógeno o biosíntesis de aminoácidos (Touraine et al., 2019). Son procesos donde el hierro participa activamente y su carencia puede ocasionar serias dificultades en las plantas. El Fe, está presente principalmente en los suelos en forma de óxidos/hidróxidos poco solubles, especialmente a pH neutro a alcalino (Colombo et al., 2018) como del suelo en estudio (8.29), por cuanto la disponibilidad del mismo es limitada, generando carencia que afecta sustancialmente el rendimiento del cultivo (Briat et al., 2015). Sin embargo, Li et al. (2023) reporta que los mecanismos de absorción de hierro por las plantas pasan por un complejo proceso que no solo depende del suelo, sino también de la planta en cuya rizósfera se producen fenómenos de reducción por acidificación y quelación como adaptación que les permite tomar el elemento y depende de la especie o más exactamente de la expresión génica.

La importancia del micronutriente resulta esencial por su baja biodisponibilidad y su potencial de toxicidad, lo cual implica que no se debe aumentar los niveles muy altos de Fe en el suelo sino entender la homeostasis de la planta, que resulta fundamental para mejorar la agricultura y la salud humana (Su et al., 2022). Por ello Harish et al. (2023) destaca la importancia de un manejo adecuado de los niveles de hierro en los suelos para prevenir la toxicidad y promover el crecimiento saludable de las plantas. Los resultados de Filho et al. (2022) indican una sensibilidad de cultivos como hololeuca y papaya a niveles elevados de hierro, en los que se amplifica el proceso de estrés oxidativo y puede perjudicar su crecimiento y desarrollo inicial. En este estudio, la respuesta del rendimiento es creciente con las dosis empleadas.

Respecto al cobre también es un elemento cuyo contenido se reduce con el pH alto, el carbono orgánico del suelo y el contenido de arcilla, por ello Kumar et al. (2020) refiere que los cambios en la dinámica del cobre en el suelo son inducidos por las raíces en la rizósfera y que se relacionaron notablemente con alteraciones sustanciales de la capacidad de unión de las materias orgánicas disueltas. Se afirma además que niveles adecuados de Cu son capaces de promover el crecimiento y proteger contra enfermedades y plagas en plantas de aguacate, mientras que concentraciones excesivas de cobre pueden tener efectos perjudiciales en el crecimiento, la biomasa, la estructura de los cloroplastos

y la absorción de nutrientes en diversas especies de plantas. En este caso el nivel es bajo, junto a un contenido medio de materia orgánica y un pH alcalino, que hacen una respuesta positiva de lo aplicado.

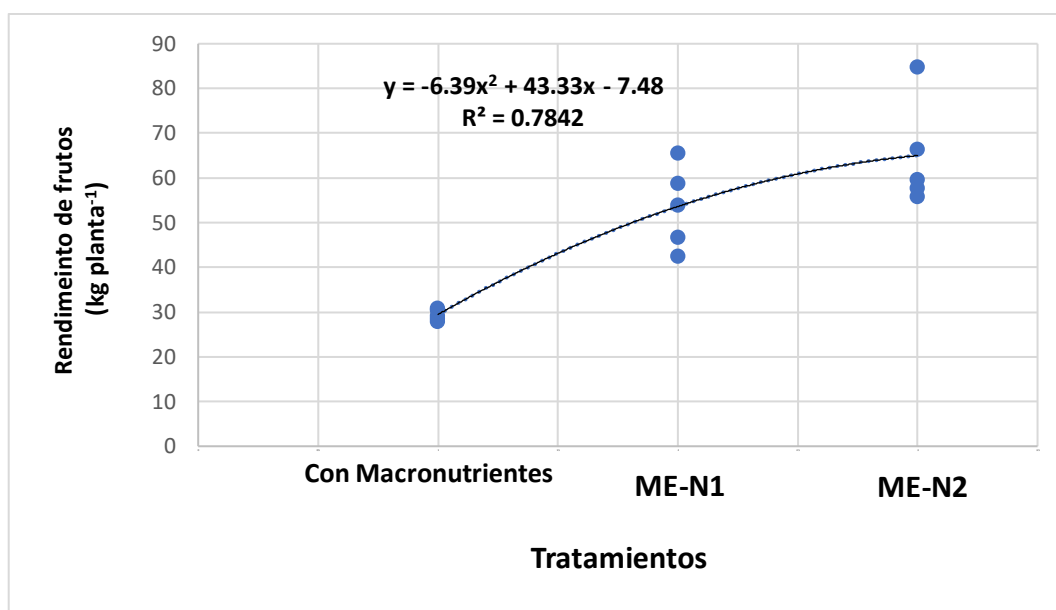
En cuanto al manganeso, según Alejandro et al. (2020) la deficiencia como en este caso es un trastorno nutricional grave y generalizado de las plantas en suelos secos, bien aireados y calcáreos, así como en suelos que contienen altas cantidades de materia orgánica, donde la biodisponibilidad de Mn puede disminuir muy por debajo del nivel requerido para una planta normal. Por su parte Liu et al. (2021) indica que el exceso de Mn en *Ligustrum lucidum* dañó toda la cadena de transporte de electrones asociada con los centros de reacción del fotosistema II e inhibió las reacciones de óxido-reducción en el fotosistema I, en *Melia azedarach*. Del mismo modo Simonova et al. (2020) concluyó que el aumento de las concentraciones de Mn tuvo efecto sobre los parámetros morfométricos como la raíz, que disminuye, sobre la actividad antioxidante y en la enzima super óxido dismutasa de plántulas de cebada.

De manera similar en el caso del zinc, estudios como el de Kaur et al. (2021) resaltan la importancia del zinc como componente natural del suelo en ambientes terrestres y elemento vital para el crecimiento de las plantas, por desempeñar funciones imperativas en numerosas vías metabólicas. Sin embargo, también los niveles potencialmente nocivos de Zn en los suelos pueden provocar diversas alteraciones en las plantas, como crecimiento reducido, tasa fotosintética y respiratoria, nutrición mineral desequilibrada y mayor generación de especies reactivas de oxígeno. En tanto que Sofy et al. (2020) refiere que la aplicación de Zn junto a paclobutrazol a 30 y 45 días de la siembra de arveja compensó los daños de la salinidad en el crecimiento y el rendimiento de las plantas al regular positivamente la capacidad antioxidante y aumentar los pigmentos fotosintéticos. En lechugas la concentración de zinc en las plantas aumenta significativamente con la aplicación de 40 mg L⁻¹ como nanopartículas de óxido de zinc, provocando mayor producción de metabolitos beneficiosos para el cultivo. Fue mayor respecto al control en todas las variables evaluadas; peso fresco, materia seca, contenido de zinc, clorofila total, carotenoides totales, fenoles totales, capacidad antioxidante, flavonoides totales, vitamina C, catalasa y peroxidasa (Fortis-Hernández et al., 2024).

El boro es otro micronutriente empleado para el desarrollo de las plantas y es utilizado en cantidades tan pequeñas como $1 \mu\text{g}^{-1} \text{ mg/g}$ (Brdar-Jokanovic, 2020) está involucrado en la síntesis de la pared celular y el funcionamiento de su estructura e integridad, cuyas cantidades depende de la especie de planta, el órgano y el suministro de boro (Goldbach et al., 2000). Como elemento en la pared celular y la membrana; participa en numerosas reacciones de transporte de iones, metabolitos y hormonas. En relación a la movilidad en la planta Minchin et al. (2012), reporta que el B es transportado como un complejo B-perseitol en la savia del floema de los árboles de aguacate, lo que es muy importante por su efecto potencial en el cuajado en el palto, por ende, en el rendimiento del mismo. Acciones como el efecto del B en la polinización y fertilización e influir en el cuajado y el rendimiento de los frutos de palto, se obtuvo en la investigación de Hapuarachchi et al. (2022) quienes refieren que la aplicación de 15 g de boro por árbol de palto Hass en prefloración, aumentó en 5% la masa del fruto, en 2% el diámetro del fruto, en 9% la masa de la pulpa, en 55% la concentración de boro en la pulpa y en 1% la abundancia relativa de ácidos grasos insaturados, respecto del testigo. Encontró que mejoró el rendimiento y calidad del fruto, y que la dosis duplicada redujo el rendimiento. Lo obtenido concuerda con el presente, que se muestra en la figura. 3.6 de la prueba de Tukey, con la existencia de dos grupos marcados diferentes estadísticamente. Así, ocupando un primer lugar con mayor rendimiento de $65 \text{ kg de frutos planta}^{-1}$ por aquellos que recibieron la mayor dosis de micronutrientes, en el tratamiento T3 (9 Fe - 31.5Zn - 5Cu - 20Mn - 11B), seguido de los que recibieron la dosis media en el tratamiento T2 (6Fe - 21Zn - 2.5Cu - 10Mn - 8.25B) con $53.62 \text{ kg planta}^{-1}$, sin diferencia estadística entre sí, no obstante, se observa un incremento de hasta $11.38 \text{ kg planta}^{-1}$, con el mayor nivel. Entonces se afirma, que la adición de micronutrientes a las plantas de palto de variedad Fuerte en suelo moderadamente alcalino, medio en materia orgánica, de textura media, con calcio y magnesio dominante, bajo contenido de micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn y B) y pobre disponibilidad en Callebamba, tiene un efecto positivo en el incremento del rendimiento de frutos. En el segundo grupo constituido por los tratamientos T1 (con macronutrientes, sin micronutrientes) y tratamiento T4 (testigo absoluto) es factible observar el cumplimiento de la ley del mínimo, pues los rendimientos obtenidos los agrupa estadísticamente, sin embargo, se observan diferencias numéricas de hasta $5.67 \text{ kg de fruto por planta}$ cuando se aplica macronutrientes, respecto de cuando no se aplica nada (T4), dejando entrever la importancia del aporte de microelementos.

Figura 3.7

Análisis de tendencia del rendimiento de frutos de palto por planta por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes



La figura 3.7 del análisis de tendencia del rendimiento de frutos de palto Fuerte en los niveles de micronutriente aplicados permiten afirmar que los niveles empleados no llegaron a niveles tóxicos en las plantas, debido a la tendencia lineal de los mismos, lo cual es muy importantes en vista de que la toxicidad de los micronutrientes y especialmente el del boro es estrecha, por cuanto un suministro inadecuado tendría un efecto perjudicial sobre el rendimiento de las plantas, quienes responden al aporte según las especies, la edad, variabilidad genética intraespecífica, como refiere Brdar-Jokanovic, (2020), así como también las características del suelo.

3.1.4. Diámetro ecuatorial y polar de frutos (cm)

Tabla 3.6

Análisis de varianza de la longitud de frutos de palto Fuerte, por efecto de aplicación de niveles de micronutrientes

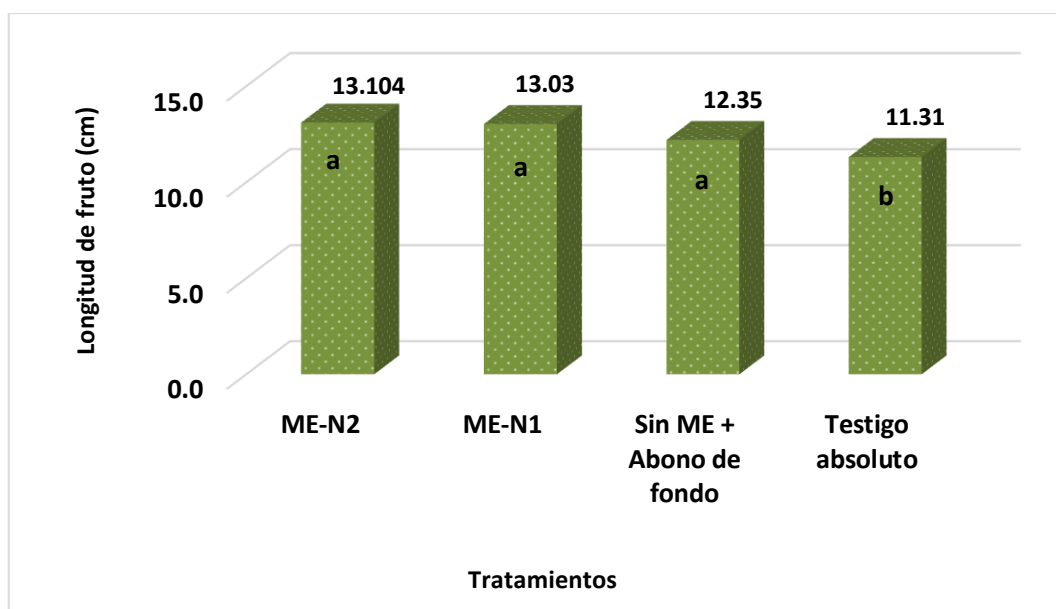
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	Sig.
Tratamientos	3	10.609	3.536	16.6969	**
Error	16	3.389	0.212		
Total	19	13.998			

CV = 3.70%

Las tablas 3.6 y 3.7 muestran el ANVA de las variables longitud y diámetro de frutos de palto Fuerte, respectivamente, siendo en la primera, altamente significativa la diferencia en el efecto de la aplicación de micronutrientes, en tanto que en el caso del diámetro no existe diferencia. En la figura 3.8 de la prueba de Tukey de la longitud de frutos, se observa que la aplicación de micronutrientes también muestra sus efectos pues con la mayor dosis (ME-N2) en el tratamiento T3, se obtuvo frutos de mayor tamaño (13.104 cm) sin diferenciarse de la menor dosis (13.03 cm) seguido de cuando se aplica solo macronutrientes y nutrientes del suelo con los que resultan 12.35 cm y todos ellos muestran mayor longitud respecto del testigo absoluto (11.31 cm).

Figura 3.8

Prueba de Tukey de la longitud de frutos de palto Fuerte, por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes



Esta variable también muestra los resultados del accionar de los micronutrientes que mejoran el funcionamiento de la planta de palto y se traduce en frutos de mayor longitud, influyendo directamente en el aumento del rendimiento de frutos de palto Fuerte por planta (figura 3.9). De esta forma la aplicación de microelementos a suelos de naturaleza calcárea, de reacción moderadamente alcalina resulta adecuada, coincidiendo con lo mencionado por Zewide & Sherefu (2021) quienes concluyen que tanto macro como micronutrientes son muy importantes para mejorar en crecimiento y desarrollo de los cultivos, que aunque fueran mínimas las cantidades son indispensables por las funciones físicas y metabólicas que cumplen Saini & Saini (2019), especialmente en

regiones áridas con suelos alcalinos. Donde cada oligoelemento sustenta reacciones complejas que acentúan el crecimiento y el desarrollo (Stanton et al. 2022). Y una deficiencia o desequilibrio puede provocar alteraciones fisiológicas, disminución del rendimiento y calidad deficiente de los cultivos (Nazir Ahmed et al. 2024).

Tabla 3.7

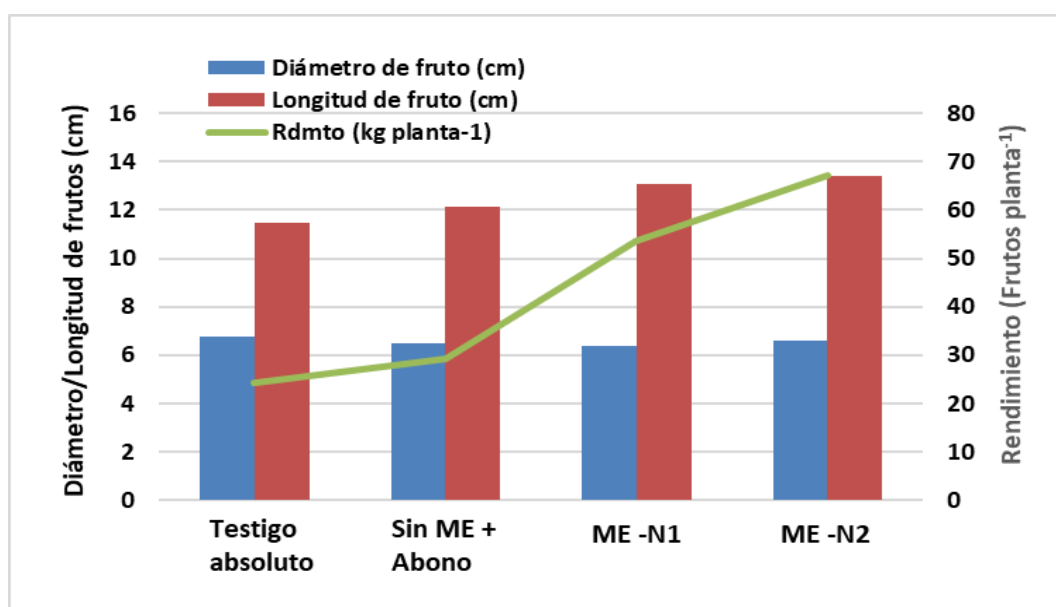
Análisis de varianza del diámetro de frutos de palto Fuerte, por efecto de aplicación de niveles de micronutrientes

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	Sig.
Tratamientos	3	0.646	0.215	1.26	NS
Error	16	2.724	0.170		
Total	19	3.371			

CV = 6.30%

Figura 3.9

Relación del diámetro y longitud de frutos de palto Fuerte y el rendimiento (kg planta⁻¹) por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes



3.2. Rentabilidad económica

3.2.1. Valor bruto de producción (S/. x ha)

El ingreso bruto de producción de palto Fuerte por tratamiento se muestra en la tabla 3.8, los rendimientos obtenidos, fueron en base a precios establecidos por las empresas acopiadoras, intermediarios y comercializadores en los supermercados en Lima y Cusco. El tratamiento del segundo nivel de Microelementos (T3), presenta el mayor

ingreso bruto de producción (VBP) ascendiendo a 91000.00 soles y con el Testigo (T4) se obtuvo el menor ingreso 22838.00 soles, por ha⁻¹ de producción del cultivo de palto.

La incorporación de micronutrientes permitió una diferencia significativa en los rendimientos obtenidos, la inversión en insumos como los nutrientes y capital de trabajo que demanda el cultivo de palto Fuerte durante el manejo agronómico permite aumentar el ingreso bruto.

Tabla 3.8

Rendimiento, precio de venta en campo y valor bruto de producción de palto Fuerte en Callebamba, por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes

Tratamiento	Descripción	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Precio (S/. x kg)	Valor bruto de producción (S/. x ha)
T1	Abono sin ME	11784.00	3.50	41244.00
T2	Nivel 1 de ME	21448.00	3.50	75068.00
T3	Nivel 2 de ME	26000.00	3.50	91000.00
T4	Testigo	9516.00	2.40	22838.40

3.2.2. Costo total de producción (S/. x ha)

En la tabla 3.9 se muestra los costos directos, costos indirectos y el costo total de producción de cada tratamiento, donde los valores presentan diferencia, debido al manejo agronómico y la conducción que tuvo cada tratamiento; el tratamiento T4 (testigo) presenta el menor costo total de producción con un valor de 5053.89 soles, que no recibió ningún nutriente, a diferencia del tratamiento T3 (nivel 2 de ME) que presenta el mayor costo total de producción con un valor de 11100.19 soles, que recibió macronutrientes y micronutrientes.

Tabla 3.9

Costo total de producción en los tratamientos del cultivo de palto Fuerte

Tratamiento	Descripción	Costos directos (S/. x ha)	Costo indirecto (S/. x ha)	Costo total (S/. x ha)
T1	Abono sin ME	7781.00	1017.44	8798.44
T2	Nivel 1 de ME	9312.25	1170.57	10482.82
T3	Nivel 2 de ME	9873.50	1226.69	11100.19
T4	Testigo	4540.50	513.39	5053.89

3.2.3. Valor neto de producción (S/. x ha)

El ingreso neto de producción para cada tratamiento se muestra en la tabla 3.10, donde el tratamiento T3 (nivel 2 de ME), es el que presenta mayor ingreso neto con 79899.81 soles por hectárea de producción del cultivo de palto Fuerte; mientras que el tratamiento T4 (testigo), presenta el menor ingreso neto con 17784.51 soles, siendo el tratamiento sin aplicación de macro y micronutrientes.

Tabla 3.10

Valor neto de producción del cultivo de palto Fuerte

Tratamiento	Descripción	Valor bruto de producción (S/. x ha)	Costo total de producción (S/. x ha)	Valor neto de producción (S/. x ha)
T1	Abono sin ME	41244.00	8798.44	32445.56
T2	Nivel 1 de ME	75068.00	10482.82	64585.19
T3	Nivel 2 de ME	91000.00	11100.19	79899.81
T4	Testigo	22838.40	5053.89	17784.51

3.2.4. Rentabilidad

En la tabla 3.11 se muestra la rentabilidad económica del experimento. El tratamiento que presenta el mayor valor de la relación Beneficio/Costo es el tratamiento T3 (nivel 2 de ME), con un valor de 7.20 soles, por tanto, se menciona que, por cada sol invertido, la ganancia es 6.20 soles, lo que nos indica que la producción de palto Fuerte con la incorporación de micronutrientes en la fertilización es rentable y el menor valor el tratamiento T4 (testigo) con 3.52 soles, obteniendo ganancia de 2.52 soles.

Tabla 3.11

Rentabilidad del cultivo de palto fuerte expresado en beneficio/costo

Tratamiento	Descripción	Valor neto de producción (S/. x ha)	Costo total de producción (S/. x ha)	Rentabilidad B/C
T1	Abono sin ME	32445.56	8798.44	3.69
T2	Nivel 1 de ME	64585.19	10482.82	6.16
T3	Nivel 2 de ME	79899.81	11100.19	7.20
T4	Testigo	17784.51	5053.89	3.52

3.2.5. Resumen del análisis económico

El análisis económico realizado, que se muestra en la tabla 3.12, se observa que la relación beneficio/costo en el testigo (T4) que no recibió abonamiento alguno resulta menor con 3.52 soles, comparable al que se obtiene cuando se aplica solamente macronutrientes en el tratamiento T1 con 3.69 soles, en ambos casos existe rentabilidad, sin embargo, si se observa aquellos tratamientos que recibieron además de abono de macronutrientes adicionalmente micronutrientes superan ampliamente alcanzando 6.16 soles con el tratamiento T2, mientras que con el tratamiento T3 que recibió el mayor nivel de microelementos se obtuvo el valor más alto con 7.20 soles. con lo que se entiende que, por cada sol invertido en el proceso productivo, se obtuvo una ganancia de 6.20 soles. Lo que finalmente se explica la importancia de considerar la incorporación completa de nutrientes, más cuando se trata de un suelo cuyas características químicas resultan afectando a los micronutrientes, con lo cual la rentabilidad sería mayor.

Tabla 3.12

Análisis económico de la producción de palto fuerte en Callebamba, por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes

Trat.	Descripción	Costo de producción (S/.)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Valor bruto de producción (S/.)	Valor neto de producción (S/.)	
T1	Abono sin ME	8798.44	11784.00	41244.00	32445.56	3.69
T2	Nivel 1 de ME	10482.82	21448.00	75068.00	64585.19	6.16
T3	Nivel 2 de ME	11100.19	26000.00	91000.00	79899.81	7.20
T4	Testigo	5053.89	9516.00	22838.40	17784.51	3.52

CONCLUSIONES

1. Abonar al palto Fuerte en suelo alcalino con 9Fe, 31.5Zn, 5Cu, 20Mn, 11B, kg ha⁻¹ (T3) mostró influencia altamente significativa en el rendimiento de frutos planta⁻¹ con 65 kg, peso de fruto con 301 g, y en el número de frutos planta⁻¹ con 182.8 unidades, sin diferenciarse del primer nivel (6Fe, 21Zn, 2.5Cu, 10Mn, 8.25B kg. ha⁻¹), estos dos tratamientos diferenciándose respecto al tratamiento T1 que solo recibió macronutrientes y tratamiento T4 que no recibió ningún nutriente. Sin embargo, no muestra diferencia estadística en los parámetros longitud y diámetro del fruto.
2. La mayor rentabilidad en la producción de palto Fuerte, se obtuvo con el aporte del mayor nivel de micronutrientes al suelo (9Fe, 31.5Zn, 5Cu, 20Mn, 11B, kg ha⁻¹), que alcanza la cifra de 6.20 soles por cada sol invertido, superando al testigo (T4), al de menor nivel de micronutrientes (T2) y a los que recibieron solamente macroelementos (T1) en la formulación de abonamiento.

RECOMENDACIONES

- Incluir a los micronutrientes en la formulación de abonamiento, en suelos de reacción alcalina, utilizar (9Fe, 31.5Zn, 5Cu, 20Mn, 11B, kg ha⁻¹) en el cultivo de palto Fuerte de 5 años.
- Continuar investigando a nivel de campo, en vista de la variabilidad enorme de suelos existentes, así como variedades de cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, N., Jiang, Z., Zhang, L., Hussain, I., & Yang, X. (2023). Insights on Phytohormonal Crosstalk in Plant Response to Nitrogen Stress: A Focus on Plant Root Growth and Development. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(4), 3631.
- Alborov, R., Khoruzhy, L., Kontsevaya, S., & Alborov, G. (2021). Classification and modeling of integrated accounting and planning of costs for the production of agricultural products, 20-30. <https://doi.org/10.33920/SEL-11-2101-02>.
- Alejandro, S., Höller, S., Meier, B. & Peiter, E. (2020). Manganese in plants: from acquisition to rangeic allocation *Front. Plant Sci.* 10.3389/fpls.2020.00300
- Baíza, V. (2003). Guía técnica del cultivo del aguacate. San Salvador: Editorial Maya. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/7367>
- Balandrán-Valladares, M.I., Cruz-Alvarez, O., Jacobo-Cuellar, J.L., Hernández-Rodríguez, O.A., Flores-Córdova, M.A., Parra-Quezada, R., Sánchez-Chávez, E. & Ojeda-Barrios, D.L. (2021). Changes in nutrient concentration and oxidative metabolism in pecan leaflets at different doses of zinc *Plant Soil Environ.*, 67, 10.17221/525/2020-PSE
- Bañuelos, J, Sangabriel, G., W., Mayra E., Trejo, D., Camara, S., Medel, R, & Carreon, Y. (2017). Effect of different phosphorus levels on avocado inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(7), 1509-1520. Recuperado en 25 de junio de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017000701509&lng=es&tlng=en.
- Bartoli, J. (2008). Manual Técnico del cultivo de aguacate (*Persea americana*). Fundación Hondureña de investigación agrícola. Cortes, Honduras. 43 p.
- Bertsch, F. (2009). Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. <https://doku.pub/documents/absorcion-de-nutrimentos-por-los-cultivos-2009pdfd0nxknmjglz>
- Beyer, C., Cuneo, I., Alvaro, J., & Pedreschi, R. (2021). Evaluation of aerial and root plant growth behavior, rang and nutrient use efficiency and carbohydrate dynamics for Hass avocado grown in a soilless and protected growing system.

Scientia Horticulturae, 277, 109830.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109830>.

- Bonomelli, C., Gil, P., & Schaffer, B. (2019). Effect of Soil Type on Calcium Absorption and Partitioning in Young Avocado (*Persea americana* Mill.) Trees. *Agronomy*, 9, 837. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120837>.
- Bernal, J. & Cipriano, D. (2008). Generalidades del cultivo. En J. Bernal, & c. Díaz (Edits.), *Tecnología para el cultivo del aguacate* pp. 11-78. Colombia: Produmedios.
https://books.google.com.pe/books?id=t_Z7nMjbhCMC&printsec=frontcover&dq=caracteristicas+botanicas+del+palto&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwio2fnh5qLoAhUYGLkGHSnsCh8Q6AEIODAC#v=onepage&q&f=true.
- Brdar-Jokanović, M. (2020). Boron Toxicity and Deficiency in Agricultural Plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 21. <https://doi.org/10.3390/ijms21041424>.
- Briat, J.F., Dubos, C., Gaymard, F. (2015). Iron nutrition, biomass production, and plant range quality. *Trends Plant Sci.* 20, 33–40.
- Buet, A., Galatro, A., Ramos-Artuso, F., & Simontacchi, M. (2019). Nitric oxide and plant mineral nutrition: current knowledge.. *Journal of experimental botany*. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz129>.
- Castillo-González, J., Ojeda-Barrios, D., Hernández-Rodríguez, A., González-Franco, C., Robles-Hernández, L. y López-Ochoa, R. (2018). Zinc Metalloenzymes in plants. *Interciencia*, vol. 43, no. 4, pp. 242-248.
- Cervantes-Paz, B., & Yahia, E. (2021). Avocado oil: Production and market demand, bioactive components, implications in health, and rangeic and potential uses.. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12784>.
- Chaves, B. & Gutiérrez, S. (2017). Respuestas al estrés por calor en los cultivos. I. Aspectos moleculares, bioquímicos y fisiológicos. *Agron. Mesoam.* 28(1):237-253. ISSN 2215-3608 doi:10.15517/am.v28i1.21903
- Chávez, M. (2019). Perú rompe récord de exportación de palta. La Cámara. https://apps.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r868_3/comercio%20exterior.pdf

- Chen, C., Peng, T., Li, J., Liao, H. (2018). Functional dissection and transport mechanism of magnesium in plants. *Semin. Cell Dev. Biol.* 74, 142–152. 10.1016/j.semcdb.2017.08.005
- Chhabra, V., Kumar, R. (2018). Role of zinc application on rice growth and yield. *Plant Arch*, 18.
- Colombo, C., Iorio, D., Liu, Q., Jiang, Z., & Barron, V. (2018). Iron Oxide Nanoparticles in Soils: Environmental and Agronomic Importance. *J. Nanosci. Nanotechnol.* 18, 761.
- Condeña, F. (2020). Proyectos de inversión agropecuaria identificación, formulación y evaluación. Primera edición. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho.
- Filho, J., Corte, V., Perin, I., Freitas, J., Waichert, R., & Santos, C. (2022). Effects of range oxidative stress of *Cecropia hololeuca* and *Carica papaya* plants.. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 94 suppl 3, e20211098 . <https://doi.org/10.1590/0001-3765202220211098>.
- Flores, A. & Espinoza, U. (2023). Situación actual y perspectivas de la producción de palta (*Persea americana*) peruana en el contexto del comercio internacional. *Revista Ingenieria Industrial*. Universidad de Lima N° 45. ISSN 2523-6326, pp. 157-17. Doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2023.n45.6316>
- Fortis-Hernández, M., Pivaral-Chávez, G., Galindo-Guzmán, P., Preciado-Rangel, P., Ruiz-Ortega, J. & Trejo-Valencia, R. (2024). Nanopartículas de óxido de zinc para incrementar rendimiento, compuestos bioactivos y actividad enzimática en lechuga. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 11(1): e3939. DOI: 10.19136/era.a11n1.3939.
- Francisco, V. (2004). Fenología del palto, su uso como base del manejo productivo. 2° Seminario Internacional de Paltos, Quillota. 1-8
- Gamez, M. (2001). Mercado de las paltas. Mercados agropecuarios, oficina de estudios y políticas agrarias ODEPA.
- Gerendás J. & Führrs, H. (2013). The significance of magnesium for crop quality. *Plant Soil* 368, 101–128. 10.1007/s11104-012-1555-2
- Goldbach, E., Wimmer, A. & Findekle, P. (2000). Discussion paper: Boron – How can the critical level be defined? *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 163, 115–121.
- Gomes, G., Pieretti, C., Rolim, R., Seabra, B. & Oliveira, C. (2020). Advances in nano-based delivery systems of micronutrients for a greener agricultura Advances in

- Nano-Fertilizers and Nano-Pesticides in Agriculture: A Smart Delivery System for Crop Improvement, 10.1016/B978-0-12-820092-6.00005-7
- Grados, R., Gurmendi, D., Gamarra, D., Anchayhua, K., Negreiros, J., & Monago, R. (2023). rangei a radio frequency robot for the range of farmlands of avocado crops in Peru. Proceedings of the 21th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology (LACCEI 2023): “Leadership in Education and Innovation in Engineering in the Framework of Global Transformations: Integration and Alliances for Integral Development”. <https://doi.org/10.18687/laccei2023.1.1.601>.
- Granja, F., & Covarrubias, J. (2018). Evaluation of acidifying nitrogen fertilizers in avocado ran with iron deficiency symptoms. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 18, 157-172. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162018005000702>.
- Grüter, R., Trachsel, T., Laube, P., & Jaisli, I. (2022). Expected global suitability of coffee, cashew and avocado due to climate change. *PloS ONE*, 17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261976>.
- Guarín, A. (2011). La importancia del cultivo de aguacate en la economía de Antioquia. Fundación tecnológica Rural COREDI. <http://viveropoli.blogspot.com/2011/08/la-importancia-del-cultivo-de-aguacate.html>.
- Hapuarachchi, N., Kämper, W., Wallace, H., Bai, S., Ogbourne, S., Nichols, J., & Trueman, S. (2022). Boron Effects on Fruit Set, Yield, Quality and Paternity of Hass Avocado. *Agronomy*. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061479>.
- Harish, V., Aslam, S., Chouhan, S., Pratap, Y. & Lalotra, S. (2023). Iron toxicity in plants: A Review. *International Journal of Environment and Climate Change*. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i82145>.
- Hasanuzzaman, M., Bhuyan, B., Nahar, K., Hossain, S., Mahmud, A., Hossen, S., Masud, C., Moumita & Fujita, M. (2018). Potassium: A Vital Regulator of Plant Responses and Tolerance to Abiotic Stresses. *Agronomy*, 8, 31. <https://doi.org/10.3390/agronomy8030031>
- Heuer, S., Gaxiola, R., Schilling, R., Herrera-Estrella, L., López-Arredondo, D., Wissuwa, M., Delhaize, E. & Rouached, H. (2017). Improving Phosphorus Use Efficiency: A Complex Trait with Emerging Opportunities. *Plant J.* 90, 868–885. [CrossRef]

- Ho, C. & White, J. (2005). A range hypothesis for the induction of blossom-end rot in tomato fruit. *Annals of botany*, 95(4), 571–581.
<https://doi.org/10.1093/aob/mci065>
- Huang, Y., Hu, W. & Zhao, J. (2022). Molybdenum: Morera an essential element. *J. Exp. Bot.* 73, 1766–1774.
- Isidra-Arellano, C., Delaux, M. & Valds-Lpez, O. (2021). The Phosphate Starvation Response System: Its Role in the Regulation of Plant-Microbe Interactions. *Plant Cell Physiol.* 62, 392–400.
- Jackson, J., Hitchcock, A., Brindley, A., Dickman, J., & Hunter, N. (2023). Absolute quantification of range levels of photosynthesis-related proteins in *Synechocystis* sp. PCC 6803. *Photosynthesis Research*, 155(3), 219-245.
- Jezek, M., Allan, C., Jones, J. & Geilfus, M. (2023). Why Do Plants Blush When They Are Hungry? *New Phytol.* 239, 494–505.
- Joshi, H., Bisht, N. & Chauhan, S. (2023). Regulation of Phytohormonal Signaling by Nutrients in Plant. *Plant Ionomics: Sensing, Signaling, and Regulation*, 191-208.
- Karthika, K., Rashmi, I. & Parvathi, M. (2018). Biological Functions, Uptake and rangeicas Essential Nutrients in Relation to Plant Growth. , 1-49.
https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8_1.
- Kaur, H. & Garg, N. (2021). Zinc toxicity in plants: a review. *Planta*, 253.
<https://doi.org/10.1007/s00425-021-03642-z>.
- Kumar, V., Pandita, S., Sidhu, G., Sharma, A., Khanna, K., Kaur, P., Bali, A. & Setia, R. (2020). Copper bioavailability, uptake, toxicity and tolerance in plants: A comprehensive review. *Chemosphere*, 262, 127810 .
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127810>.
- Lahav, E. & Whiley, A. (2002). Irrigation and mineral nutrition. In: *Botany, production and uses*. Whiley AW, Schaffer B, Wolstenholme B N. (eds.). 2002. *Avocado*: CAB International Press. London. 416 p.
- Lemus, S., Ferreyra, E., Gil, M., Sepúlveda, R., Maldonado, B., Toledo, C., Barrera, M. & Celendón de A. (2010). *Cultivo del palto*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. No. 129. Tercera edición. Santiago de Chile.
- León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales* (3ra. ed.). San José, Costa Rica: Agroamérica.

- Liu, L., Xiao, W., Li, L., Li, M., Gao, S., Zhu, Y. & Fu, L. (2017). Effect of exogenously applied molybdenum on its absorption and nitrate metabolism in strawberry seedlings. *Plant Physiol. Biochem.* 115, 200–211.
- Liu, M., Huang, X., Wang, R., Xu, H., & Zhu, F. (2021). Inhibition of photosynthesis in *Melia azedarach* and *Ligustrum lucidum* induced by manganese toxicity using OJIP chlorophyll a fluorescence transient. *Photosynthetica*, 59, 148-159. <https://doi.org/10.32615/PS.2021.006>.
- López-Arredondo, L., Leyva-González, A., González-Morales, I., López-Bucio, J. & Herrera-Estrella, L. (2014). Phosphate Nutrition: Improving Low-Phosphate Tolerance in Crops. *Annu. Rev. Plant Biol.* 65, 95–123.
- Mahawar, L., Ramasamy, P., Pandey, A., Prasad, M. (2022). Iron deficiency in plants: an update on homeostasis and its regulation by nitric oxide and phytohormones. *Plant Growth Regul*, 10.1007/s10725-022-00853-6
- Mahboob, W., Yang, G., & Irfan, M. (2023). Crop nitrogen (N) utilization mechanism and strategies to improve N use efficiency. *Acta Physiologiae Plantarum*, 45(4), 52
- Maldonado, R. (2006). Cultivo y producción de la palta. Primera edición. Colección Mi Huerto, Lima.
- Martínez, P., Muená, Z., Victoria & Ruiz, R. (2014). Nutrición y Fertilidad en Palto. Boletín INIA N° 283, 74 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, La Cruz, Chile.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI 2024) <https://www.gob.pe/institucion/sse/noticias/930071-midagri-exportacion-de-palta-supero-las-36-mil-toneladas-en-primer-bimestre-de-2024>. Accedido el 17/05/24.
- Minchin, P., Thorp, T., Boldingh, H., Gould, N., Cooney, J., Negm, F., Focht, E., Arpaia, M., Hu, H., & Brown, P. (2012). A range mechanism for phloem rangeicas boron in ‘Hass’ avocado (*Persea americana* Mill.) ran. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 87, 23 – 28. <https://doi.org/10.1080/14620316.2012.11512825>.
- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF 2014). Guía general para identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública a nivel de perfil – Lima.

- Morales, J. (2020). La administración del Acuerdo de Libre Comercio firmado entre la República del Perú y la República de Canadá desde la mirada del agronegocio peruano. *Natura@ economía*, 5(2), 126-143. <https://doi.org/10.21704/ne.v5i2.1521>
- Nazir, A., Zhang, B., Chachar, Z., Li, J., Xiao, G., Wang, Q., Hayat, F., Deng, L., Narejo, M., Bozdar, B. & Tu, P. (2024). Micronutrients and their effects on Horticultural crop quality, productivity and sustainability, *Scientia Horticulturae*, Volume 323,112512, ISSN 0304-4238, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112512>.
- Pandey, N. (2018). Role of Plant Nutrients in Plant Growth and Physiology, 51-93. https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8_2.
- Plataforma del Estado Peruano (PEP). Cartilla N°5, de condiciones agroclimáticas del cultivo de palto. https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/biblioteca-virtual/estados-fenologicos/palto_condiciones_agroclimaticas.pdf, Accedido el 19/05/24
- Prakash, O., Kumar, P., Yadav, B. & Kumar, A. (2022). Sulfur nutrition and its role in plant growth and development. *Plant Signaling & Behavior* ahead-of-print(ahead-of-print). DOI: 10.1080/15592324.2022.2030082
- Ramos-Aguilar, A., Ornelas-Paz, J., Tapia-Vargas, L., Ruiz-Cruz, S., Gardea-Béjar, A., Yahia, E., Ornelas-Paz, J., Pérez-Martínez, J., Rios-Velasco, C., & Ibarra-Junquera, V. (2019). The importance of the bioactive compounds of avocado fruit (*Persea americana* Mill) on human health. *Biotecnia*. <https://doi.org/10.18633/BIOTECNIA.V21I3.1047>.
- Rebolledo-Roa, A.; Burbano-Díaz, A. (2023). Nutrient Balance in Hass Avocado Trees as a Tool to Optimize Crop Fertilization Management. *Agronomy* 13, 1956. <https://doi.org/10.3390/agronomy13081956>
- Renner, S. (2004). Variation in diversity among Laurales, Early Cretaceous to present. *Biol. Skr.* 55: 441-458.
- Rutkowska, B., Szulc, W., Szychaj-Fabisiak, E., & Pior, N. (2017). Prediction of molybdenum availability to plants in differentiated soil conditions. *Plant Soil and Environment*, 63, 491-497. <https://doi.org/10.17221/616/2017-PSE>.
- Sáenz-Ceja, J., & Pérez-Salicrup, D. (2021). Avocado Cover Expansion in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve, Central México. *Conservation*. <https://doi.org/10.3390/conservation1040023>.

- Saini, S. & Saini, P. (2019). Differential responses of Fe, Zn, B, Cu and Mg on growth and quality attributes of fruit crops. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8, 01-05.
- Salazar-García, S. (2002). *Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones*. Ed. Instituto de la Potasa y el Fósforo A.C. (INPOFOS). Querétaro, México. 165 p.
- Salvo, J., & Lovatt, C. (2016). Nitrogen Fertilization Strategies for the ‘Hass’ Avocado that Increase Total Yield Without Reducing Fruit Size. *Horttechnology*, 26, 426-435. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.26.4.426>.
- Selladurai, R., & Awachare, C. M. (2020). Nutrient management for avocado (*Persea americana* 55range). *Journal of Plant Nutrition*, 43(1), 138–147. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1659322>
- Sharma, L., McCray, J., & Morgan, K. (2022). Plant Essential Nutrients and Their Role. EDIS. <https://doi.org/10.32473/edis-ag462-2022>.
- Shireen, F., Nawaz, A., Chen, C., Zhang, Q., Zheng, Z., Sohail, H., Sun, J., Cao, H., Huang, Y., & Bie, Z. (2018). Boron: Functions and Approaches to Enhance Its Availability in Plants for Sustainable Agriculture. *International journal of molecular sciences*, 19(7), 1856. <https://doi.org/10.3390/ijms19071856>
- Simonova, O., Simonov, M., & Tovstik, E. (2020). The effect of manganese(II) excess on growth and antioxidant status of barley seedlings. *Agricultural Science Euro-North-East*. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.4.369-378>.
- Sofy, M., Elhindi, K., Farouk, S., & Alotaibi, M. (2020). Zinc and Paclobutrazol Mediated Regulation of Growth, Upregulating Antioxidant Aptitude and Plant Productivity of Pea Plants under Salinity. *Plants*, 9. <https://doi.org/10.3390/plants9091197>.
- Statista Research Department (2024). Aguacate producido por región en Perú en 2023. 17 de mayo 2024, en <https://es.statista.com/55range5555icas/1263455/volumen-produccion-aguacate-peru-por-55range/#:~:text=Aguacate%20producido%20por%20regi%C3%B3n%20en%20Per%C3%BA%20en%202023&text=En%202023%2C%20el%20volumen%20de,en%20el%20noroeste%20del%20pa%C3%ADs>.
- Stanton, C., Sanders, D., Krämer, D., & Podar, D. (2022). Zinc in plants: integrating homeostasis and biofortification *Mol. Plant*, 10.1016/j.molp.2021.12.008

- Subba, S., Gurung, S., Mahato, S., Thapa, B., & Chhetri, B. (2023). Introduction of Avocado (*Persia americana*) Fruits in Eastern Himalaya of India: A Review. International Journal of Economic Plants. <https://doi.org/10.23910/2/2023.0507^a>.
- Sun, Q., Li, T., Alva, K. & Li, C. (2019). Mobility and fractionation of copper in 56rang soils. Enviro. Pollut. Bioavailab., 31, 10.1080/09542299.2018.1558114
- Tariq-Aftab, H. (2020). Plant Micronutrients: Deficiency and Toxicity Management (Springer: Springer Nature, Cham). Doi: 10.1007/978-3-030-49856-6
- Téliz, D. (2000). El aguacate y su manejo Integrado. Ediciones Mundi - Prensa. Barcelona. España.
- Touraine, B., Vignols, F., Przybyla-Toscano, J., Ischebeck, T., Dhalleine, T., Wu, C., Magno, C., Berger, N., Couturier, J. & Dubos, C. Iron-sulfur protein NFU2 is required for branched-chain amino acid synthesis in Arabidopsis roots. J. Exp. Bot. 2019, 70, 1875–1889.
- Tripathi, R., Tewari, R., Singh, K., Keswani, C., Minkina, T., Srivastava, A., Corato, U., & Sansinenea, E. (2022). Plant mineral nutrition and disease resistance: A significant linkage for sustainable crop protection. Frontiers in Plant Science, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.883970>.
- Arizona State University (USAP 2023). Importancia de la agricultura: razones para valorar este sector. Colombia. <https://www.usap.edu/blog/importancia-de-la-agricultura/>
- United State Department of Agriculture (USDA 2011). Avocado, almond, pistachio and walnut Composition. Nutrient Data Laboratory. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 24. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture.
- Valenciano, J., Boto, J. & Marcelo, V. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) response to zinc, boron and molybdenum application under field conditions. N. Z. J. Crop Hortic. Sci. 2011, 39, 217–229.
- Wairich, A., De Conti, L., Lamb, I., Keil, R., Neves, O., Brunetto, G., Sperotto, A., & Ricachenevsky, K., (2022). Throwing copper around: how plants control uptake, distribution, and accumulation of copper. Agronomy 12, 994. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY12050994>, 2022, Vol. 12, Page 994.
- Walli, S., Hafiz, A., Khan, I., Bashir, A., Uddin, S., Khan, U., Ajmal, U., Hussain, S. & Khalid, F. (2022). Zinc and boron application at different phenological stages

- alleviates tree growth, fruit yield and quality of sweet 57range Cv. ‘Blood Red.’
Gesunde Pflanzen, 74, 10.1007/s10343-021-00616-9
- Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q. & Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *Int. J. Mol. Sci.* 14, 7370–7390.
- Zewide, I. & Sherefu, A. (2021). Review Paper on Effect of Micronutrients for Crop Production. *Nutrition and Food Processing*. <https://doi.org/10.31579/2637-8914/063>.
- Zhang, S., Pan, Y., Tian, W., Dong, M., Zhu, H., Luan, S. & Li, L. (2017). Arabidopsis CNGC14 Mediates Calcium Influx Required for Tip Growth in Root Hairs. *Molecular plant*, 10(7), 1004–1006. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2017.02.007>
- Zhao, F., Tausz, M. & De Kok, J. (2008). Role of Sulfur for Plant Production in Agricultural and Natural Ecosystems. In: Hell, R., Dahl, C., Knaff, D., Leustek, T. (eds) *Sulfur Metabolism in Phototrophic Organisms. Advances in Photosynthesis and Respiration*, vol 27. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6863-8_21

ANEXOS

Anexo 1. Costo de producción del cultivo de palto Fuerte del tratamiento T1

COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PALTO				
SISTEMA DE RIEGO: Gravedad		EDAD:		5 años
DISEÑO-Nº DE PLANTAS: 5 * 5 – 400 ptas		PRECIO DE VENTA:		S/.3.50 x Kg
PERÍODO PRODUCTIVO : 9 meses		FECHA:		2021 – 2022
ÁREA : 1 ha		RENDIMIENTO (Kg. há ⁻¹):		11,784.00 Kg
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)
I. COSTO DIRECTO (CD)				7,781.00
1.1. Poda				160.00
Poda de mantenimiento	Jornal	2	80	160.00
1.2. Materia orgánica				800.00
Estiercol	TM	4	200	800.00
1.3. Fertilizantes				1,468.00
Guano de isla	Kg.	400	1.00	400.00
Fosfato diamónico	Kg.	120	1.80	216.00
Sulfato de potasio	Kg.	240	2.80	672.00
Úrea	Kg.	120	1.50	180.00
1.4. Control fitosanitario				639.00
1.4.1. Fungicidas				424.00
Phyton	Lt.	1	280	280.00
Pasta cicatrizante	Kg.	4	36	144.00
1.4.2. Insecticida y acaricida				215.00
Jaguar	Lt.	1	130	130.00
Abamex	Lt.	1	85	85.00
1.5. Mano de obra				4450.00
Riego	Jornal	24	50	1200.00
Fertilización	Jornal	24	50	1200.00
Deshierbo	Jornal	21	50	1050.00
Fumigación	Jornal	4	100	400.00
Cosecha	Jornal	15	40	600.00
1.6. Agua				264.00
Canon de uso de agua	Hrs	8	3	24.00
Limpieza de canal (faenas)	Jornal	4	60	240.00
II.- COSTOS INDIRECTOS (CI)				1017.44
2.1. Materiales y equipos				57.90
Goma	Unidad	1	2	2.00
Chinche	Unidad	20	0.1	2.00
Triplay	m2	0.24	22.5	5.40
Mica	Unidad	4	0.5	2.00
Hoja sierra	Unidad	1	1.5	1.50
Balanza (gramera)	Unidad	1	20	20.00
Calibrador vernier digital	Unidad	1	25	25.00
2.2. Servicios				181.44
Análisis físico-químico del suelo	Servicio	1	120	120.00
Impresiones de identificación	Servicio	0.36	4	1.44
Transporte de fertilizantes	Servicio	1	60	60.00
2.3. Gastos administrativos (5%CD)			5%	389.05
2.4. Imprevistos (5% CD)			5%	389.05
III COSTO TOTAL				8798.44

Anexo 2. Costo de producción del cultivo de palto Fuerte del tratamiento T2

COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PALTO				
SISTEMA DE RIEGO: Gravedad		EDAD:	5 años	
DISEÑO-N° DE PLANTAS: 5 * 5 – 400ptas		PRECIO DE VENTA:	S/.3.50 x Kg	
PERÍODO PRODUCTIVO: 9 meses		FECHA:	2021 – 2022	
ÁREA: 1 ha		RENDIMIENTO (Kg. há ⁻¹)	21448.00	
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)
I. COSTO DIRECTO (CD)				9,312.25
1.1. Poda				160.00
Poda de mantenimiento	Jornal	2	80	160.00
1.2. Materia orgánica				800.00
Estiercol	TM	4	200	800.00
1.3. Fertilizantes				2,119.25
Guano de isla	Kg.	400	1.00	400.00
Fosfato diamónico	Kg.	120	1.80	216.00
Sulfato de potasio	Kg.	240	2.80	672.00
Úrea	Kg.	120	1.50	180.00
Quelato de hierro	Kg.	6	70.00	420.00
Sulfato de zinc	Kg.	21	5.00	105.00
Sulfato de cobre	Kg.	2.5	14.00	35.00
Sulfato de manganeso	Kg.	10	5.00	50.00
Bórax	Kg.	8.25	5.00	41.25
1.4. Control fitosanitario				639.00
1.4.1. Fungicidas				424.00
Phyton	Lt.	1	280	280.00
Pasta cicatrizante	Kg.	4	36	144.00
1.4.2. Insecticida y acaricida				215.00
Jaguar	Lt.	1	130	130.00
Abamex	Lt.	1	85	85.00
1.5. Mano de obra				5330.00
Riego	Jornal	24	50	1200.00
Fertilización	Jornal	24	50	1200.00
Deshierbo	Jornal	21	50	1050.00
Fumigación	Jornal	4	100	400.00
Cosecha	Jornal	32	40	1280.00
Aplicación de micronutrientes	Jornal	4	50	200.00
1.6. Agua				264.00
Canon de uso de agua	Hrs	8	3	24.00
Limpieza de canal (faenas)	Jornal	4	60	240.00
II.- COSTOS INDIRECTOS (CI)				1170.57
2.1. Materiales y equipos				57.90
Goma	Unidad	1	2	2.00
Chinche	Unidad	20	0.1	2.00
Triplay	m2	0.24	22.5	5.40
Mica	Unidad	4	0.5	2.00
Hoja sierra	Unidad	1	1.5	1.50
Balanza (gramera)	Unidad	1	20	20.00
Calibrador vernier digital	Unidad	1	25	25.00
2.2. Servicios				181.44
Análisis físico-químico del suelo	Servicio	1	120	120.00
Impresiones de identificación	Servicio	0.36	4	1.44
Transporte de fertilizantes	Servicio	1	60	60.00
2.3. Gastos administrativos (5% CD)			5%	465.61
2.4. Imprevistos (5% CD)			5%	465.61
III COSTO TOTAL				10482.82

Anexo 3. Costos de producción del cultivo de palto Fuerte del tratamiento T3

COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PALTO				
SISTEMA DE RIEGO: Gravedad		EDAD: 5 años		
DISEÑO-N° DE PLANTAS: 5 * 5 – 400 ptas		PRECIO DE VENTA:		S/3.50 x Kg
PERÍODO PRODUCTIVO: 9 meses		FECHA:		2021 – 2022
ÁREA: 1 ha		RENDIMIENTO (Kg ha ⁻¹):		26000.00 Kg
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)
I. COSTO DIRECTO (CD)				9,873.50
1.1. Poda				160.00
Poda de mantenimiento	Jornal	2	80	160.00
1.2. Materia orgánica				800.00
Estiercol	TM	4	200	800.00
1.3. Fertilizantes				2,480.50
Guano de isla	Kg.	400	1.00	400.00
Fosfato diamónico	Kg.	120	1.80	216.00
Sulfato de potasio	Kg.	240	2.80	672.00
Úrea	Kg.	120	1.50	180.00
Quelato de hierro	Kg.	9	70.00	630.00
Sulfato de zinc	Kg.	31.5	5.00	157.50
Sulfato de cobre	Kg.	5	14.00	70.00
Sulfato de manganeso	Kg.	20	5.00	100.00
Bórax	Kg.	11	5.00	55.00
1.4. Control fitosanitario				639.00
1.4.1. Fungicidas				424.00
Phyton	Lt.	1	280	280.00
Pasta cicatrizante	Kg.	4	36	144.00
1.4.2. Insecticida y acaricida				215.00
Jaguar	Lt.	1	130	130.00
Abamex	Lt.	1	85	85.00
1.5. Mano de obra				5530.00
Riego	Jornal	24	50	1200.00
Fertilización	Jornal	24	50	1200.00
Deshierbo	Jornal	21	50	1050.00
Fumigación	Jornal	4	100	400.00
Cosecha	Jornal	37	40	1480.00
Aplicación de micronutrientes	Jornal	4	50	200.00
1.6. Agua				264.00
Canon de uso de agua	Hrs	8	3	24.00
Limpieza de canal (faenas)	Jornal	4	60	240.00
II.- COSTOS INDIRECTOS (CI)				1226.69
2.1. Materiales y equipos				57.90
Goma	Unidad	1	2	2.00
Chinche	Unidad	20	0.1	2.00
Triplay	m2	0.24	22.5	5.40
Mica	Unidad	4	0.5	2.00
Hoja sierra	Unidad	1	1.5	1.50
Balanza (gramera)	Unidad	1	20	20.00
Calibrador vernier digital	Unidad	1	25	25.00
2.2. Servicios				181.44
Análisis físico-químico del suelo	Servicio	1	120	120.00
Impresiones de identificación	Servicio	0.36	4	1.44
Transporte de fertilizantes	Servicio	1	60	60.00
2.3. Gastos administrativos (5% CD)			5%	493.68
2.4. Imprevistos (5% CD)			5%	493.68
III COSTO TOTAL				11100.19

Anexo 4. Costos de producción del cultivo de palto Fuerte del tratamiento T4

COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PALTO				
SISTEMA DE RIEGO: Gravedad		EDAD: 5 años		
DISEÑO-N° DE PLANTAS: 5 * 5 – 400 ptas		PRECIO DE VENTA:	S/.3.50 x Kg	
PERÍODO PRODUCTIVO: 9 meses		FECHA:	2021 – 2022	
ÁREA: 1 ha		RENDIMIENTO (Kg. há⁻¹):	9516.00 Kg	
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)
I. COSTO DIRECTO (CD)				4,540.50
1.1. Poda				160.00
Poda de mantenimiento	Jornal	2	80	160.00
1.2. Control fitosanitario				746.50
1.2.1. Fungicidas				424.00
Phyton	Lt.	1	280	280.00
Pasta cicatrizante	Kg.	4	36	144.00
1.2.2. Insecticida y acaricida				322.50
Jaguar	Lt.	1.5	130	195.00
Abamex	Lt.	1.5	85	127.50
1.3. Mano de obra				3370.00
Riego	Jornal	24	50	1200.00
Deshierbo	Jornal	21	50	1050.00
Fumigación	Jornal	6	100	600.00
Cosecha	Jornal	13	40	520.00
1.4. Agua				264.00
Canon de uso de agua	Hrs	8	3	24.00
Limpieza de canal (faenas)	Jornal	4	60	240.00
II.- COSTOS INDIRECTOS (CI)				513.39
2.1. Materiales y equipos				57.90
Goma	Unidad	1	2	2.00
Chinche	Unidad	20	0.1	2.00
Triplay	m2	0.24	22.5	5.40
Mica	Unidad	4	0.5	2.00
Hoja sierra	Unidad	1	1.5	1.50
Balanza (gramera)	Unidad	1	20	20.00
Calibrador vernier digital	Unidad	1	25	25.00
2.2. Servicios				1.44
Impresiones de identificación	Servicio	0.36	4	1.44
2.3. Gastos administrativos (5% CD)			5%	227.03
2.4. Imprevistos (5% CD)			5%	227.03
III COSTO TOTAL				5053.89

Anexo 5. Panel fotográfico



Foto 1. Muestreo de suelo para análisis físico-químico de macro y micronutrientes.



Foto 2. Rótulos, para la identificación de plantas por tratamientos en el cultivo de palto

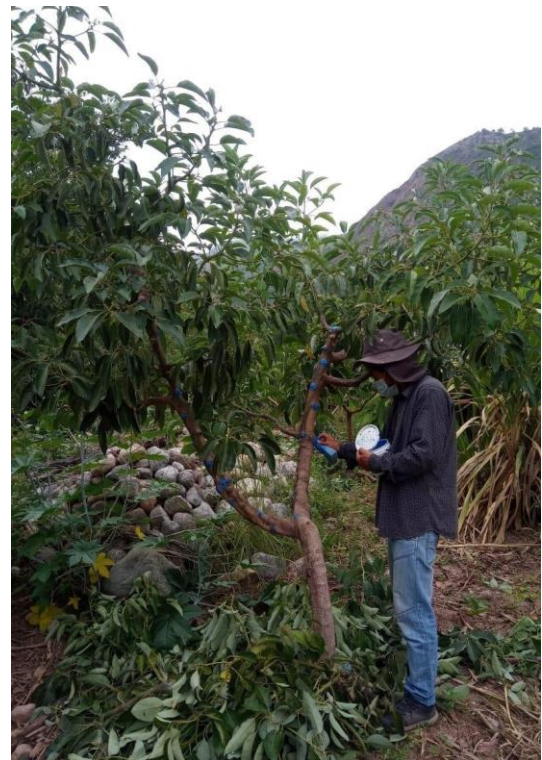


Foto 3. Poda y cicatrizado de plantas de palto variedad Fuerte



Foto 4. Mezcla de fertilizantes para abonamiento con macronutrientes



Foto 5. Abonado de las plantas en forma de anillo o corona



Foto 6. Floración de palto variedad Fuerte



Foto 7. Pesado y aplicación de micronutrientes



Foto 8. Primera cosecha de palto variedad Fuerte en cada tratamiento



Foto 9. Segunda cosecha de palto variedad Fuerte de cada tratamiento



Foto 10. Tercera cosecha de palto variedad Fuerte de cada tratamiento



Foto 11. Evaluación de longitud de fruto de palto variedad Fuerte



Foto 12. Medida del ancho del palto variedad Fuerte



Foto 13. Evaluación del peso de fruto de palto variedad Fuerte



Foto 14. Índice de madurez del fruto del palto variedad Fuerte



Foto 15. Cosecha del palto variedad Fuerte



Foto 16. Comercialización del palto variedad Fuerte

Anexo 6. Resultados del análisis físico-químico de los suelos de la localidad de Callebamba, distrito de Chincheros



MULTISERVICIOS AGROLAB

INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

ASESORÍA Y CAPACITACIÓN EN:

- EVALUACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS
- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS AGRÍCOLA
- USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS
- ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
- AGRICULTURA SUSTENTABLE

1053120

Solicitante: Sr. Jhon K. Gómez Sulca

Departamento: Apurímac **Provincia:** Chincheros **Distrito:** Chincheros **Lugar:**

Fecha: 05/02/2020

Número de Muestra		pH (t.t.)	C.E. (t.t.) dS.m ⁻¹	CaCO ₃ %	Nt %	MO %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes cambiarias					% Sat. De Bases
Lab	Campo								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺⁺⁺ + H ⁺	
9274	Chincheros	8.29	0.54	23.85	0.15	3.10	3.70	87	54	21	25	Fr Ar A	17.99	15.48	1.99	0.34	0.18	0.00	100

Recomendación de abonamiento de palto mayor a 4 años

Luego de poda: 400 guano de isla + 120 fosfato diamónico + 50 sulfato de potasio + 10 Borax **TODOS EN kg/ha**, colocar alrededor de la planta en la proyección de la copa

A inicios de floración, 15 kg/ha de borax o ulexita + 30 kg/ha de sulfato de potasio

A 2 meses 50 kg/ha de urea + 75 kg/ha de sulfato de potasio

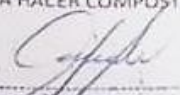
A 2 meses 70 kg/ha de urea + 75 kg/ha de sulfato de potasio

Aplicar 1.0 kg/planta de ZnSO₄ alrededor de la planta dos veces (inicio de floración y cuajado) + FeSO₄ al 1% al follaje cada mes, durante 4 meses

Se recomienda:

Conocer la calidad de agua que servirá para regar.

ES MUY IMPORTANTE SIEMPRE LA APLICACIÓN DE UNA FUENTE ORGÁNICA, DE PREFERENCIA HACER COMPOST, BOCACHI, ETC.



Dr. D. MARILEN DENZA GARCIA
Responsable de Laboratorio

A = arena, A.Fr = Arena franca; Fr.A. = Franco arenoso; Fr = Franco; Fr.L = Franco limoso; L = Limoso; FrArA = Franco arcillo arenoso; FrAr = Franco arcilloso; FrArL = Franco arcillo limoso; ArA = Arcillo arenoso; ArL = Arcillo limoso; Ar = Arcilloso.

Urb. Mariscal Cáceres Mz. "G-12" - Ayacucho / ☎ (056) 312049 - 📠 966938028 - 966631889 / 📞 982781298 ✉ agrolab01@yahoo.es - agrolab107@gmail.com

Anexo 7. Resultados del análisis físico-químico de los suelos de la localidad de Callebamba, distrito de Chincheros



MULTISERVICIOS AGROLAB

INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

ASESORÍA Y CAPACITACIÓN EN:

- EVALUACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS.
- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS AGRÍCOLA.
- USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS.
- ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.
- AGRICULTURA SUSTENTABLE.

1053923

Solicitante: Sr. John Clinton Gómez Sulca

Departamento: Apurímac

Provincia: Chincheros

Distrito: Chincheros

C.P.: Callebamba

Fecha: 20/04/2020

Numero de Muestra		Cu	Zn	Mn	Fe	B
Lab	Campo	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
10954	Callebamba	3.00	1.00	1.00	25.00	0.21


P. B. MARILENI CERDA GÓMEZ
 Responsable de Laboratorio

A = arena, A.Fr = Arena franca; Fr.A. = Franco arenoso; Fr = Franco; Fr.L = Franco limoso; L = Limoso; FrArA = Franco arcillo arenoso; FrAr = Franco arcilloso; FrArL = Franco arcillo limoso; ArA = Arcillo arenoso; ArL = Arcillo limoso; Ar = Arcilloso.

Urb. Mariscal Cáceres Mz. "G-12" - Ayacucho / ☎ (066) 312049 + 📠 966938028 - 966631889 / 📠 982781298 ✉ agrolab01@yahoo.es - agrolab107@gmail.com

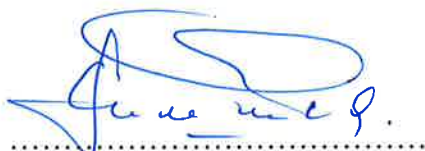
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. JOHN CLINTON GOMEZ SULCA
R.D. N° 301-2024-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a los cuatro días del mes de noviembre del año dos mil veinticuatro, siendo las dieciséis horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por M.Sc. Francisco Condeña Almora, Ph.D. Marhleni Cerda Gómez como asesora, M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez y M.Sc. Efigenio Quispe Curi; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Micronutrientes en el rendimiento y rentabilidad de palto (*Persea americana* M.) Fuerte. Callebamba- Chincheros, 2021**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo presentado por el Bachiller **JOHN CLINTON GOMEZ SULCA**.

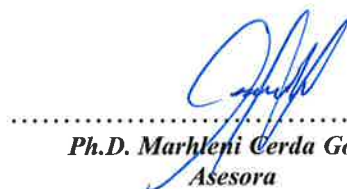
El señor Decano previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
M.Sc. Francisco Condeña Almora	16	14	15	15
Ph.D. Marhleni Cerda Gómez	16	15	17	16
M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez	16	16	17	16
M.Sc. Efigenio Quispe Curi	16	15	15	15
PROMEDIO GENERAL				16

Acto seguido se invita al sustentante y publico en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.



M.Sc. Francisco Condeña Almora
Presidente



Ph.D. Marhleni Cerda Gómez
Asesora



M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez
Jurado



M.Sc. Efigenio Quispe Curi
Jurado



Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente

**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por RR N° 294-2022-UNSCH-R y la R.D. N° N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo titulado;

Micronutrientes en el rendimiento y rentabilidad de palto (*Persea americana* M.) Fuerte. Callebamba- Chincheros, 2021

Autor : John Clinton Gomez Sulca

Asesor : Marhleni Cerda Gómez

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de Tesis, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de Dieciséis **(16 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2551168079

Ayacucho, 13 de diciembre de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Ing. Edgar Terfório Mancilla
Coordinador de Control de originalidad de
trabajo de Investigación y tesis - FCA

Micronutrientes en el rendimiento y rentabilidad de palto (*Persea americana* M.) Fuerte. Callebamba- Chincheros, 2021

por John Clinton Gomez Sulca

Fecha de entrega: 13-dic-2024 05:11a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2551168079

Nombre del archivo: TESIS_JOHN_CLINTON_GOMEZ_SULCA.docx (15M)

Total de palabras: 17998

Total de caracteres: 101051

Micronutrientes en el rendimiento y rentabilidad de palto (Persea americana M.) Fuerte. Callebamba- Chincheros, 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

6%

2

repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

4%

3

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to Universidad Internacional Isabel
I de Castilla

Trabajo del estudiante

1%

7

repositorio.uta.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

8

infoagronomo.net

Fuente de Internet

<1%

9	era.ujat.mx Fuente de Internet	<1 %
10	www.bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
11	revistas.ulima.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
13	www.meteored.cl Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unica.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Micronutrientes en el rendimiento y rentabilidad de palto (*Persea americana* M.) Fuerte. Callebamba- Chincheros, 2021

John Clinton Gomez Sulca john.gomez.01@unsch.edu.pe

Marhleni Cerda Gómez marhleni.cerda@unsch.edu.pe

Área de investigación: Medio ambiente

Línea de investigación: Sistema de producción agrícola

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de niveles de micronutrientes en el rendimiento y rentabilidad del cultivo de palto variedad Fuerte, se realizó la investigación, con cuatro tratamientos: tratamiento T1 (con macronutrientes), tratamiento T2 (6 Fe, 21 Zn, 2.5 Cu, 10 Mn, 8.25 B, en kg ha⁻¹), tratamiento T3 (9 Fe, 31.5 Zn, 5 Cu, 20 Mn, 11 B, en kg ha⁻¹), tratamiento T4 (testigo), con cinco repeticiones, plantas de 5 años, un total de 20 unidades experimentales, en suelo alcalino (pH 8.90). Los nutrientes fueron fraccionados en dos momentos luego de poda e inicio de floración, durante la campaña 2021/2022. Los resultados obtenidos muestran que aplicar 9 Fe, 31.5 Zn, 5 Cu, 20 Mn, 11 B, kg ha⁻¹ de micronutrientes influyen en forma altamente significativa en el rendimiento de frutos planta⁻¹ (65 kg), peso de fruto (301 g), y en el número de frutos planta⁻¹ (182.8 unidades) sin diferenciarse del primer nivel (9 Fe, 21 Zn, 2.5 Cu, 11.2 Mn, 7.5 B kg ha⁻¹); provocando aumentos del orden de 173.22 – 120.64%; 30.19 - 20.2% y 48.62 - 29.83% más que el tratamiento T4 (testigo) y tratamiento T1 (solo macronutrientes), en rendimiento planta⁻¹, peso de fruto y número de frutos planta⁻¹, respectivamente. El tratamiento T3 muestra menor número de frutos/kg, respecto al testigo y no muestra diferencia estadística en los parámetros longitud y diámetro del fruto. Este mismo tratamiento permite la mayor rentabilidad de 7.20 soles.

Palabras clave: rendimiento, rentabilidad, micronutrientes, palta Fuerte.

Micronutrients in the performance and profitability of avocado (*Persea Americana* M.) Fuerte. Callebamba- Chincheros, 2021

John Clinton Gomez Sulca john.gomez.01@unsch.edu.pe

Marhleni Cerda Gómez marhleni.cerda@unsch.edu.pe

Área de investigación: Medio ambiente

Línea de investigación: Sistema de producción agrícola

SUMMARY

With the objective of evaluating the effect of micronutrient levels on the yield and profitability of the Fuerte variety avocado crop, the research was carried out with four treatments: T1 treatment (with macronutrients), T2 treatment (6 Fe, 21 Zn, 2.5 Cu, 10 Mn, 8.25 B, in kg ha⁻¹), treatment T3 (9 Fe, 31.5 Zn, 5 Cu, 20 Mn, 11 B, in kg ha⁻¹), treatment T4 (control), with five repetitions, 5-year-old plants, a total of 20 experimental units, in alkaline soil (pH 8.90). The nutrients were divided into two moments after pruning and the beginning of flowering, during the 2021/2022 campaign. The results obtained show that applying 9 Fe, 31.5 Zn, 5 Cu, 20 Mn, 11 B, kg ha⁻¹ of micronutrients highly significantly influence the yield of fruits plant⁻¹ (65 kg), fruit weight (301 g), and in the number of fruits plant⁻¹ (182.8 units) without differentiating from the first level (9 Fe, 21 Zn, 2.5 Cu, 11.2 Mn, 7.5 B kg ha⁻¹); causing increases of the order of 173.22 – 120.64%; 30.19 - 20.2% and 48.62 - 29.83% more than treatment T4 (control) and treatment T1 (macronutrients only), in plant⁻¹ yield, fruit weight and number of fruits plant⁻¹, respectively. Treatment T3 shows a lower number of fruits/kg compared to the control and does not show a statistical difference in the parameters fruit length and diameter. This same treatment allows the highest profitability of 7.20 soles.

Keywords: yield, profitability, micronutrients, Fuerte avocado.

INTRODUCCIÓN

El palto o aguacate, es un fruto de alta demanda exportadora, apreciada por sus bondades culinarias, así como por su beneficio en la salud humana (Ramos-Aguilar et al, 2019). Su producción en el Perú se concentra fundamentalmente en la costa y sierra, a partir del cual se expide, siendo el tercer producto más exportado (Grados et al, 2023).

El manejo de nutrientes se inicia a partir del conocimiento del cultivo, clima, agua de riego y sobre todo considerando la naturaleza de los suelos, que es diversa en cantidad, balance y en propiedades, algunas de las cuales condiciona la disponibilidad de los nutrientes tanto existentes en el suelo como los aplicados. Así para conocer y superar

ciertas dificultades se estudiaron cómo la textura es capaz de influir en la absorción y fraccionamiento del calcio, debido a la influencia en el crecimiento de raíces y/o la condición hídrica de las plantas (Bonomelli et al, 2019). El uso de sulfato de amonio junto a inhibidores o urea en suelo calcáreo que podría mejorar la asimilación del Fe en árboles de palto (Granja & Covarrubias, 2018).

La fertirrigación continua con solución nutritiva mejora las condiciones de crecimiento, floración prolongada y continua, respecto de campo abierto (Beyer et al, 2021). Silver et al, (2018) reportan que la tasa de fertilización, con la combinación de nutrientes en fertilización temprana posee efecto beneficioso en el rendimiento y el mayor número de frutos de palto Hass y recomienda el uso de 250–300 N, 80–120 P₂O₅ y 500–600 K₂O kg ha⁻¹. Respecto a los micronutrientes, éstos son fundamentales en diversos procesos fisiológicos y bioquímicos, cada uno de los cuales contribuye de manera única a la salud y productividad de las plantas (Tariq Aftab, 2020). Presentes, normalmente en pequeñas cantidades, indispensables al activar y ayudar a enzimas que impulsan reacciones metabólicas vitales (Gomes et al., 2020), sustentan reacciones complejas que acentúan el crecimiento y el desarrollo (Stanton et al., 2022), desde la actividad antioxidante, desarrollo del sabor, hasta la formación de pigmentos e influyen directamente en la calidad de la fruta (Wairich et al., 2022).

Sin embargo, para adecuada gestión que optimice el crecimiento, maduración, rendimiento y mejora de atributos tamaño, color, sabor de fruta, deben ser cuidadosamente aplicados (Nazir et al., 2024). En el presente trabajo de investigación se propuso evaluar la incorporación de niveles de micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn y B) en suelo moderadamente alcalino a 1900 m.s.n.m. en Callebamba, y evaluar su efecto en el rendimiento de frutos de palto Fuerte, como en lo económico, planteándose los objetivos siguientes:

Objetivo general

Evaluar la influencia de niveles de micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn y B) en el rendimiento y rentabilidad del palto (*Persea americana* M.) Fuerte. Callebamba, Chincheros 2021.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de niveles de micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn y B), en el rendimiento del palto Fuerte.
2. Valorar la influencia de niveles de micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn y B), en la rentabilidad del palto Fuerte.

METODOLOGÍA

Ubicación

El trabajo de investigación se realizó en el Centro Poblado de Callebamba, distrito de Chincheros, provincia de Chincheros, departamento de Apurímac. Ubicado a 13° 31' 4.08" latitud sur, 70° 43' 24.6" longitud oeste a una altitud de 1990 m.s.n.m.

Material biológico

Se emplearon plantas de palto (*Persea americana*) de la variedad Fuerte, injertadas sobre patrón topa topa, las misma que cuentan con 5 años de edad. Se emplearon 20 plantas en el experimento.

Diseño metodológico y análisis estadístico

El experimento fue distribuido en el diseño completamente al azar (DCA), los resultados obtenidos de la evaluación fueron tabulados y sometidos a la prueba de ANVA, las fuentes de variabilidad que resultaron significativos se sometieron a la prueba de contraste de Tukey. Adicionalmente se efectuaron pruebas de regresión y correlación.

Tratamientos en estudio

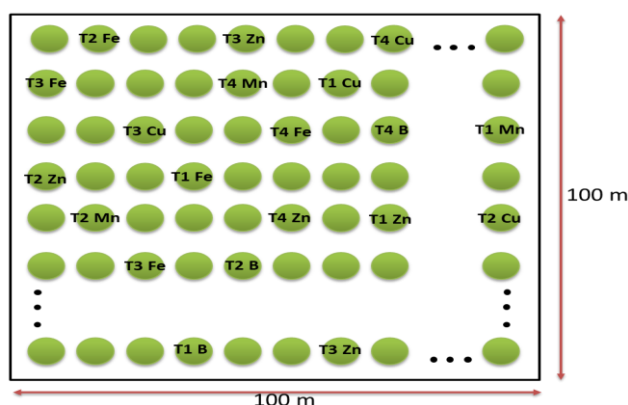
Tabla 2.1

Descripción de los tratamientos estudiados en el experimento

Trat.	Fe	Zn	Cu	Mn	B	
	(kg ha ⁻¹)					
T1	0	0	0	0	0	con macron.
T2	6	21	2.5	10	8.3	con macron.
T3	9	32	5	20	11	con macron.
T4	Testigo absoluto					

Figura 2.1

Croquis de distribución de UE



Instalación y conducción del experimento

Control de malezas

Con la finalidad de evitar la competencia y la presencia de posibles plagas, se realizó el control de malezas en forma manual utilizando para ello herramientas como los azadones, en diferentes periodos de tiempo y durante la ejecución del experimento.

Selección de plantas

Se realizó la selección de plantas de palto variedad Fuerte, en número de 20, para adecuarlas al estudio, se procedió con el marcado y se dispuso el tratamiento de acuerdo con el diseño elegido. Las plantas elegidas cumplieron el requisito de sanidad al estar libres de plagas y enfermedades.

Poda

La poda se realizó la segunda semana de abril del año 2021, en cada una de las plantas seleccionadas junto a todas alrededor, haciendo uso de herramientas como el serrucho y tijeras, lo cual consistió en eliminar ramas con síntomas de enfermedades, no vigorosas y los que están en el centro de la copa de la planta, esto para favorecer el ingreso de luz y aire. Una vez realizada la poda, se aplicó cicatrizante para sellar y evitar el ingreso de patógenos.

Abonamiento

De acuerdo con el análisis de suelo obtenido y la evaluación de los mismos, se realizó la formulación de abonamiento correspondiente, empleando niveles de extracción de nutrientes propuesta por Floria Bertch (2009).

Se emplearon macronutrientes, para el primer abonamiento: 120 FDA – 50 SK – 400 GI todo en kg ha^{-1} , en el segundo abonamiento se aplicó: 30 kg ha^{-1} de SK, mientras que el tercer abonamiento se utilizó: 50 Úrea – 75 SK, todo en kg ha^{-1} y para el cuarto abonamiento: 70 Úrea – 75 SK, todo en kg ha^{-1} aplicados a todos los tratamientos de niveles de micronutrientes (T1, T2, y T3) exceptuando al testigo (T4).

Los micronutrientes Boro (B), Zinc (Zn), Manganese (Mn), Hierro (Fe) y Cobre (Cu), fueron aplicados en dos momentos, luego de la poda e inicios de la floración. En la figura 2.4, se grafica las actividades de abonamiento realizadas, de acuerdo a los estados fenológicos del cultivo.

Figura 2.2

Aplicación de abono según estados fenológicas del cultivo de palto variedad Fuerte



Crecimiento vegetativo

Floración

Cuajado

Fructificación

Abono/macronut.

Abono/macronut.:

Abono/macronut.:

Abono/macronut.:

- FDA + SK + GI

- SK

- SK+Úrea

- SK + Úrea

Micronutrientes:

Micronutrientes:

- QFe+SZn+SCu+SMn+Bórax

- QFe+SZn+SCu+SMn+Bórax

Control fitosanitario

Para realizar el control sanitario, realizó previa evaluación constante, identificando la presencia de plagas (trips, araña roja, mosca blanca y queresas) y enfermedades (muerte regresiva y antracnosis) en las plantas. Para el control se empleó sulfato de cobre pentahidratado, abamectina, thiamethoxam y lambda cyalothrin.

Riego

Se realizó mediante sistema de riego a gravedad (tradicional). La frecuencia de riego fue cada 8 a 10 días durante los meses de abril a agosto y cada 12 a 15 días en los meses de setiembre a diciembre.

Cosecha

Para iniciar la cosecha se tuvo en cuenta la madurez fisiológica de la fruta, en enero, febrero y marzo del 2022.

Parametros evaluados

Parámetros de rendimiento

- Número de frutos planta⁻¹
- Peso de frutos (g)
- Número de frutos/kg
- Rendimiento total (kg ha⁻¹)
- Diámetro ecuatorial y polar de frutos (cm)

Parámetros de rentabilidad

- Costos de producción (S/. x ha)
- Valor bruto de producción (S/. x ha)
- Ingreso neto (S/. x ha)
- Rentabilidad económica

Duración del trabajo de investigación

El periodo comprende desde la selección de plantas y poda en el mes de abril del 2021, hasta el periodo de cosecha de los frutos en campo en el mes de enero, febrero y marzo del 2022, la posterior evaluación en gabinete, para finalmente escribir, durante el periodo 2021/2022.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

• Parámetros productivos

- Peso de frutos (g)

El peso de los frutos de palto por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes, muestran diferencia altamente significativa en el ANVA de la tabla 3.1.

Tabla 3.1

Análisis de varianza del peso de frutos de palto, por efecto de aplicación de niveles de micronutrientes

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	Sig.
Trat.	3	13609.75	4536.583	15.29	**
Error	16	4747.2	296.7		
Total	19	18356.95			

CV = 6.52%

La figura 3.1 de la prueba de Tukey muestra tres grupos diferenciados, donde la aplicación de micronutrientes en mayor nivel ocupa el primer lugar (301 g), sin mostrarse diferente al segundo (273.6 g) y ambos resultan estadísticamente diferentes a aquellos que no recibieron micronutrientes y macronutrientes, además el mismo tratamiento T3 muestra diferencias estadísticas con el tratamiento T1, que solo se aplicó macronutrientes, demostrándose la importancia de la participación fisiológica de los nutrientes en cada proceso funcional de las plantas. Detalle último que se observa en el análisis de tendencia de la figura 3.2, en el que la adición de micronutrientes hasta los niveles estudiados, permiten aumentar el peso de los frutos de palto Fuerte con una tendencia lineal, alcanzando hasta 301 g por fruto al aplicar las dosis altas de los micronutrientes (9Fe - 31.5Zn - 5Cu - 20Mn - 11B), en el tratamiento T3, contrastando con aquel que no recibió micronutrientes ni abono alguno (231.2 g).

Figura 3.1

Prueba de Tukey del peso de frutos por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes

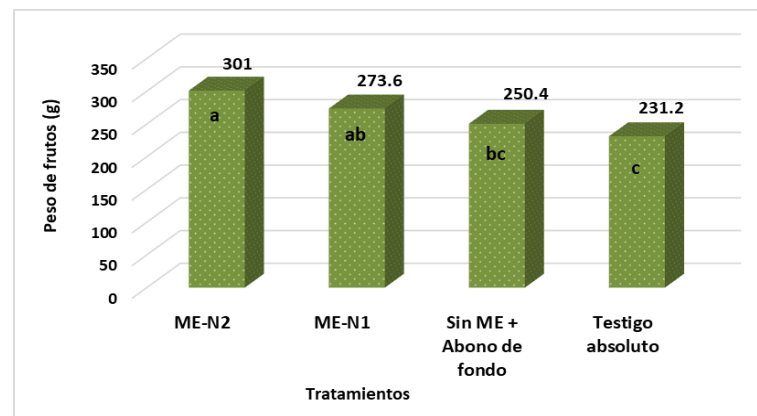
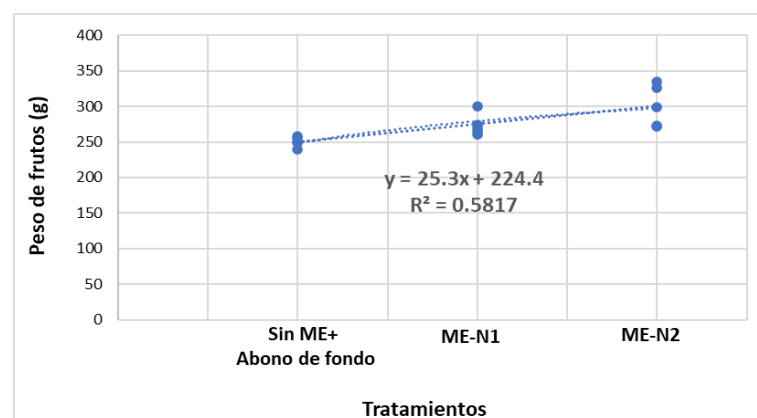


Figura 3.2

Análisis de tendencia del peso de frutos de palto por efecto de niveles de la aplicación de niveles de micronutrientes



En el suelo evaluado sin duda la incorporación de micronutrientes resulta muy importante, no obstante hasta el momento no se puede afirmar que se alcanzó el mejor nivel, actividad que resulta complicada en vista de que los factores a considerar son varios, incluido el clima, las fluctuaciones de ella en cuanto a temperatura, horas luz,

humedad en el suelo y características de éste, es decir no es sólo incorporar, es también buscar un momento, tal como afirman Selladurai & Awachare (2020), que el requerimiento de nutrientes del palto varía según el patrón de crecimiento estacional, las condiciones del suelo, el tipo de cultivo y el potencial de rendimiento, etc. Además, es importante considerar sincronizar la incorporación de nutrientes, con la meta de evitar las pérdidas desde el suelo y evitar así la contaminación ambiental.

3.1.1. Número de frutos por planta y por kilogramo

Las tablas 3.2 y 3.3 muestran el ANVA del número de frutos de palto por planta, y por kilogramo, observándose en ambos casos diferencias altamente significativas y significativa en la última variable por efecto de la aplicación de micronutrientes, los coeficientes de variabilidad en ambos casos es de 9.86% y 10.86%, respectivamente, siendo adecuadas para el experimento.

Tabla 3.2

Análisis de varianza del número de frutos de palto Fuerte por planta, por efecto de aplicación de niveles de micronutrientes.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	Sig.
Trat.	3	11071.4	3690.4667	15.974	**
Error	16	3696.4	231.025		
Total	19	14767.8			

CV = 9.86%

Tabla 3.3

Análisis de varianza del número de frutos de palto Fuerte por kilogramo, por efecto de aplicación de niveles de micronutrientes

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	Sig.
Trat.	3	1.75	0.583	3.33	*
Error	16	2.8	0.175		
Total	19	4.55			

CV = 10.86%

Las figuras 3.3 y 3.4 correspondientes a las pruebas de Tukey, indican que el funcionamiento fisiológico de las plantas con la incorporación de micronutrientes resulta mejor, traduciéndose en mayor número de frutos de palto por planta y alcanza a 182.8 frutos con la mayor dosis (9Fe - 31.5Zn - 5Cu - 20Mn - 11B) en el tratamiento T3, para luego disminuir a menor nivel con 169.8 frutos tras aplicar (6Fe - 21Zn - 2.5Cu - 10Mn - 8.25B) en el tratamiento T2 y ambos estadísticamente diferentes superior cuando no reciben micronutrientes con 123 frutos y aun cuando se abona con macronutrientes (140.8 frutos).

Figura 3.3

Prueba de Tukey del número de frutos de palto Fuerte por planta, por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes

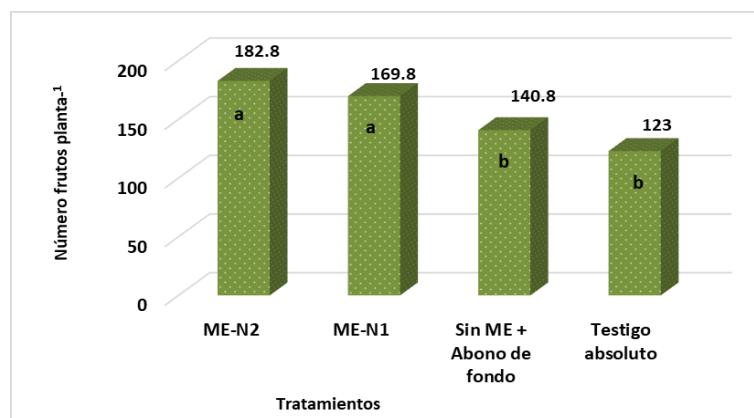
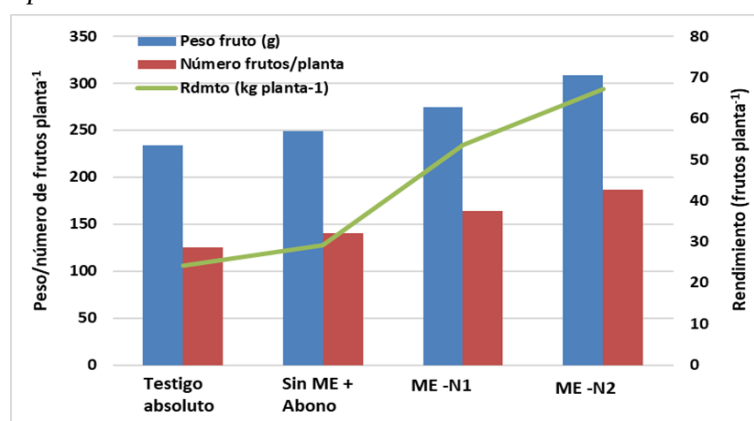


Figura 3.4

Relación del peso y número de frutos de palto Fuerte por planta y el rendimiento (kg planta⁻¹) por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes



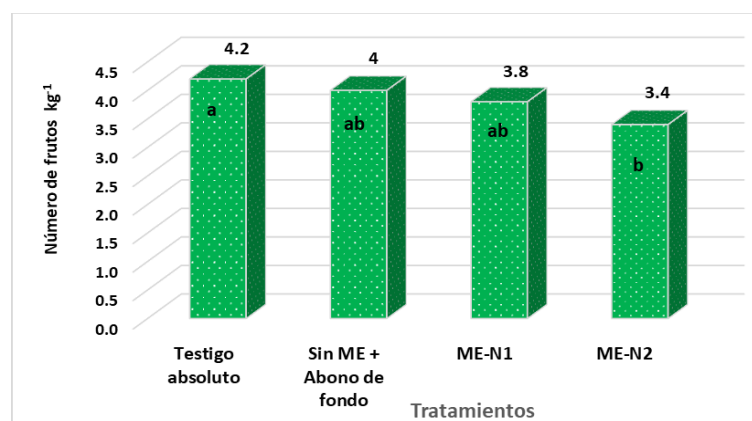
Se trata de frutos de peso variable, tal como se vio en el ítem anterior quienes obtienen mayor peso y cantidad de ellos por planta, cuando se aplica micronutrientes, lo que permite aumentar el número de frutos y por tanto incrementa el rendimiento (figura 3.6). Al considerar por kilogramo el número de frutos resulta menor con la aplicación de la mayor dosis de micronutrientes (ME-N2), tal como se observa en la figura 3.5., de este modo existiría mejor funcionamiento fisiológico, mayor formación de carbohidratos y demás metabolitos que permita florecer, cuajar, sostener y llenar cada fruto del palto por lo que existe menor número de ellos, de mayor peso por cada unidad de kilogramo. En tanto que la carencia minimiza las funciones fisiológicas y metabólicas y se provoca la formación de mayor número de frutos, de menor peso por cada kilogramo.

Al recordar la participación de los microelementos, desde el crecimiento radicular y generación de hormonas con la participación del zinc, la formación de clorofilas, almacenamiento de energía y uso de nitrógeno con el hierro, manganeso influyendo en la síntesis de clorofila y el adecuado funcionamiento de los fotosistemas en la transferencia de energía, la fotosíntesis y aumento del contenido de azúcar en los frutos,

control de antioxidantes del cobre, hasta la germinación del polen, influyendo en el cuajado de frutos con el B (Saini & Saini. 2019). Es evidente que la deficiencia conduce a una disminución de la productividad mientras que la incorporación de los micronutrientes es necesaria para un mejor crecimiento, floración, mayor cuajado de frutos, rendimiento y calidad.

Figura 3.5

Prueba de Tukey del número de frutos de palto Fuerte por kilogramo por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes



3.1.3 Rendimiento de frutos por planta (kg planta⁻¹)

Tabla 3.4

Peso de frutos/planta, número de plantas por hectárea y el rendimiento total

Trat.	Descrip.	Peso (Kg pta ⁻¹)	N° plantas (#ptas ha ⁻¹)	Rdto total (Kg ha ⁻¹)
T1	Sin ME+Macr.	29.46	400	11784
T2	Nivel 1-ME	53.62	400	21448
T3	Nivel 2-ME	65	400	26000
T4	Testigo	23.79	400	9516

Tabla 3.5

Análisis de varianza del rendimiento de frutos de palto Fuerte/planta, por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes.

	F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	Sig.
Trat.		3	5745.679	1915.226	33.63	**
Error		16	911.152	56.947		
Total		19	6656.831			

CV = 17.56

La tabla 3.4 presenta los datos de peso por planta, número de plantas por hectárea, con ellos se determina el rendimiento total de producción por hectárea en el cultivo de palto Fuerte.

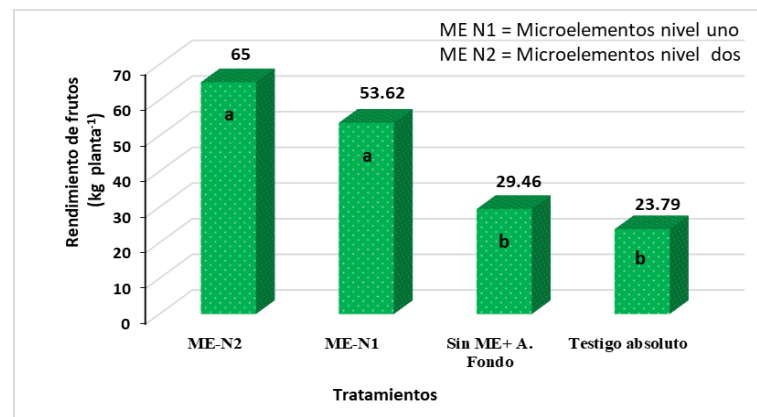
La tabla 3.5 muestra el ANVA del rendimiento de frutos de palto, variedad Fuerte que recibieron macronutrientes y niveles de micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn y B), como parte de los tratamientos, se observa la existencia de diferencia altamente significativa entre los

tratamientos, con un coeficiente de variabilidad de 17.56%, encontrándose dentro del margen de error en trabajos de campo.

La figura 3.6 de la prueba de Tukey ($\infty 0.01$) muestra dos grupos marcados diferentes entre sí, así los tratamientos que recibieron ambos niveles de micronutrientes, resultan estadísticamente iguales y ocupan los primeros lugares de mayor rendimiento de palto, respecto de cuando no se aplica ningún micronutriente y el testigo absoluto, es decir, el rendimiento con el aporte de fertilización completa incluidos micronutrientes puede hacer una diferencia en cuanto a producción, tal como se puede observar en la figura 3.6, alcanzado a duplicar el rendimiento inclusive. Sin duda el aporte de nutrientes cuando ellos o son escasos o no existen en el suelo o están en una condición que no les permite ser utilizados adecuadamente, es muy importante como se recalca en la ley del mínimo, por las funciones fisiológicas que cumplen cada una de ellas.

Figura 3.6

Prueba de Tukey (0.01) del rendimiento de frutos de palto. planta^{-1}



Las funciones de cada elemento según el cultivo son diversas, así en el caso del hierro está asociado a cofactores que garantizan la actividad y/o la estabilidad de las metaloproteínas involucradas en una gran cantidad de procesos fisiológicos como la respiración, fotosíntesis, asimilación de azufre y nitrógeno o biosíntesis de aminoácidos (Touraine et al., 2019). Son procesos donde el hierro participa activamente y su carencia puede ocasionar serias dificultades en las plantas. El Fe, está presente principalmente en los suelos en forma de óxidos/hidróxidos poco solubles, especialmente a pH neutro a alcalino (Colombo et al., 2018) como del suelo en estudio (8.29), por cuanto la disponibilidad del mismo es limitada, generando carencia que afecta sustancialmente el rendimiento del cultivo (Briat et al., 2015). Sin embargo, Li et al. (2023) reporta que los mecanismos de absorción de hierro por las plantas pasan por un complejo proceso que no solo depende del suelo, sino también de la planta en cuya rizósfera se producen fenómenos de reducción por acidificación y quelación como adaptación que les permite tomar el elemento y depende de la especie o más exactamente de la expresión génica. La importancia del micronutriente resulta esencial por su baja biodisponibilidad y su potencial de toxicidad, lo cual implica que no se debe aumentar los niveles muy altos de

Fe en el suelo sino entender la homeostasis de la planta, que resulta fundamental para mejorar la agricultura y la salud humana (Su et al., 2022). Por ello Harish et al. (2023) destaca la importancia de un manejo adecuado de los niveles de hierro en los suelos para prevenir la toxicidad y promover el crecimiento saludable de las plantas. Los resultados de Filho et al. (2022) indican una sensibilidad de cultivos como hololeuca y papaya a niveles elevados de hierro, en los que se amplifica el proceso de estrés oxidativo y puede perjudicar su crecimiento y desarrollo inicial. En este estudio, la respuesta del rendimiento es creciente con las dosis empleadas.

Respecto al cobre también es un elemento cuyo contenido se reduce con el pH alto, el carbono orgánico del suelo y el contenido de arcilla, por ello Kumar et al. (2020) refiere que los cambios en la dinámica del cobre en el suelo son inducidos por las raíces en la rizósfera y que se relacionaron notablemente con alteraciones sustanciales de la capacidad de unión de las materias orgánicas disueltas. Se afirma además que niveles adecuados de Cu son capaces de promover el crecimiento y proteger contra enfermedades y plagas en plantas de aguacate, mientras que concentraciones excesivas de cobre pueden tener efectos perjudiciales en el crecimiento, la biomasa, la estructura de los cloroplastos y la absorción de nutrientes en diversas especies de plantas. En este caso el nivel es bajo, junto a un contenido medio de materia orgánica y un pH alcalino, que hacen una respuesta positiva de lo aplicado.

En cuanto al manganeso, según Alejandro et al. (2020) la deficiencia como en este caso es un trastorno nutricional grave y generalizado de las plantas en suelos secos, bien aireados y calcáreos, así como en suelos que contienen altas cantidades de materia orgánica, donde la biodisponibilidad de Mn puede disminuir muy por debajo del nivel requerido para una planta normal. Por su parte Liu et al. (2021) indica que el exceso de Mn en *Ligustrum lucidum* dañó toda la cadena de transporte de electrones asociada con los centros de reacción del fotosistema II e inhibió las reacciones de óxido-reducción en el fotosistema I, en *Melia azedarach*. Del mismo modo Simonova et al. (2020) concluyó que el aumento de las concentraciones de Mn tuvo efecto sobre los parámetros morfométricos como la raíz, que disminuye, sobre la actividad antioxidante y en la enzima super óxido dismutasa de plántulas de cebada.

De manera similar en el caso del zinc, estudios como el de Kaur et al. (2021) resaltan la importancia del zinc como componente natural del suelo en ambientes terrestres y elemento vital para el crecimiento de las plantas, por desempeñar funciones imperativas en numerosas vías metabólicas. Sin embargo, también los niveles potencialmente nocivos de Zn en los suelos pueden provocar diversas alteraciones en las plantas, como crecimiento reducido, tasa fotosintética y respiratoria, nutrición mineral desequilibrada y mayor generación de especies reactivas de oxígeno. En tanto que Sofy et al. (2020) refiere que la aplicación de Zn junto a paclobutrazol a 30 y 45 días de la siembra de arveja compensó los daños de la salinidad en el crecimiento y el rendimiento de las plantas al

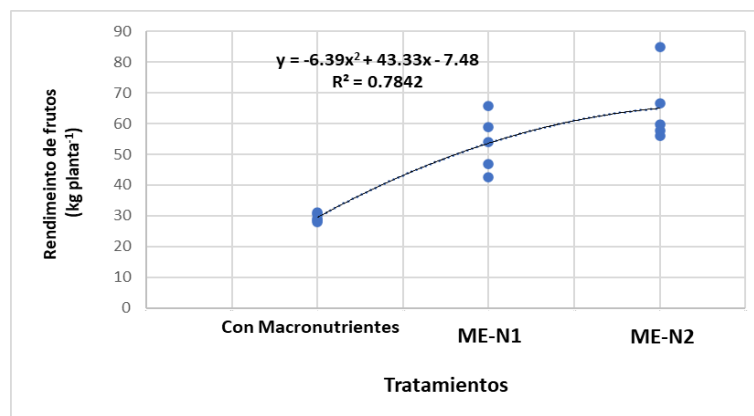
regular positivamente la capacidad antioxidante y aumentar los pigmentos fotosintéticos. En lechugas la concentración de zinc en las plantas aumenta significativamente con la aplicación de 40 mg L⁻¹ como nanopartículas de óxido de zinc, provocando mayor producción de metabolitos beneficiosos para el cultivo. Fue mayor respecto al control en todas las variables evaluadas; peso fresco, materia seca, contenido de zinc, clorofila total, carotenoides totales, fenoles totales, capacidad antioxidante, flavonoides totales, vitamina C, catalasa y peroxidasa (Fortis-Hernández et al., 2024).

El boro es otro micronutriente empleado para el desarrollo de las plantas y es utilizado en cantidades tan pequeñas como 1 µg⁻¹ mg/g (Brdar-Jokanovic, 2020) está involucrado en la síntesis de la pared celular y el funcionamiento de su estructura e integridad, cuyas cantidades depende de la especie de planta, el órgano y el suministro de boro (Goldbach et al., 2000). Como elemento en la pared celular y la membrana; participa en numerosas reacciones de transporte de iones, metabolitos y hormonas. En relación a la movilidad en la planta Minchin et al. (2012), reporta que el B es transportado como un complejo B-perseitol en la savia del floema de los árboles de aguacate, lo que es muy importante por su efecto potencial en el cuajado en el palto, por ende, en el rendimiento del mismo. Acciones como el efecto del B en la polinización y fertilización e influir en el cuajado y el rendimiento de los frutos de palto, se obtuvo en la investigación de Hapuarachchi et al. (2022) quienes refieren que la aplicación de 15 g de boro por árbol de palto Hass en prefloración, aumentó en 5% la masa del fruto, en 2% el diámetro del fruto, en 9% la masa de la pulpa, en 55% la concentración de boro en la pulpa y en 1% la abundancia relativa de ácidos grasos insaturados, respecto del testigo. Encontró que mejoró el rendimiento y calidad del fruto, y que la dosis duplicada redujo el rendimiento. Lo obtenido concuerda con el presente, que se muestra en la figura. 3.6 de la prueba de Tukey, con la existencia de dos grupos marcados diferentes estadísticamente. Así, ocupando un primer lugar con mayor rendimiento de 65 kg de frutos planta⁻¹ por aquellos que recibieron la mayor dosis de micronutrientes, en el tratamiento T3 (9 Fe - 31.5Zn - 5Cu - 20Mn - 11B), seguido de los que recibieron la dosis media en el tratamiento T2 (6Fe - 21Zn - 2.5Cu - 10Mn - 8.25B) con 53.62 kg planta⁻¹, sin diferencia estadística entre sí, no obstante, se observa un incremento de hasta 11.38 kg planta⁻¹, con el mayor nivel. Entonces se afirma, que la adición de micronutrientes a las plantas de palto de variedad Fuerte en suelo moderadamente alcalino, medio en materia orgánica, de textura media, con calcio y magnesio dominante, bajo contenido de micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn y B) y pobre disponibilidad en Callebamba, tiene un efecto positivo en el incremento del rendimiento de frutos. En el segundo grupo constituido por los tratamientos T1 (con macronutrientes, sin micronutrientes) y tratamiento T4 (testigo absoluto) es factible observar el cumplimiento de la ley del mínimo, pues los rendimientos obtenidos los agrupa estadísticamente, sin embargo, se observan diferencias numéricas de hasta 5.67

kg de fruto por planta cuando se aplica macronutrientes, respecto de cuando no se aplica nada (T4), dejando entrever la importancia del aporte de microelementos.

Figura 3.7

Análisis de tendencia del rendimiento de frutos de palto por planta por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes



La figura 3.7 del análisis de tendencia del rendimiento de frutos de palto Fuerte en los niveles de micronutriente aplicados permiten afirmar que los niveles empleados no llegaron a niveles tóxicos en las plantas, debido a la tendencia lineal de los mismos, lo cual es muy importantes en vista de que la toxicidad de los micronutrientes y especialmente el del boro es estrecha, por cuanto un suministro inadecuado tendría un efecto perjudicial sobre el rendimiento de las plantas, quienes responden al aporte según las especies, la edad, variabilidad genética intraespecífica, como refiere Brdar-Jokanovic, (2020), así como también las características del suelo.

3.1.4 Diámetro ecuatorial y polar de frutos (cm)

Tabla 3.6

Análisis de varianza de la longitud de frutos de palto Fuerte, por efecto de aplicación de niveles de micronutrientes.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	Sig.
Trat.	3	10.609	3.536	16.7	**
Error	16	3.389	0.212		
Total	19	13.998			

CV = 3.70%

Tabla 3.7

Análisis de varianza del diámetro de frutos de palto Fuerte, por efecto de aplicación de niveles de micronutrientes.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	Sig.
Trat.	3	0.646	0.215	1.26	NS
Error	16	2.724	0.17		
Total	19	3.371			

CV = 6.30%

Las tablas 3.6 y 3.7 muestran el ANVA de las variables longitud y diámetro de frutos de palto Fuerte, respectivamente, siendo en la primera, altamente significativa la diferencia en el efecto de la aplicación de micronutrientes, en tanto que en el caso del diámetro no existe diferencia. En la figura 3.8 de la prueba de Tukey de la longitud de frutos, se observa que la aplicación de micronutrientes también muestra sus efectos pues con la mayor dosis (ME-N2) en el tratamiento T3, se obtuvo frutos de mayor tamaño (13.104 cm) sin diferenciarse de la menor dosis (13.03 cm) seguido de cuando se aplica solo macronutrientes y nutrientes del suelo con los que resultan 12.35 cm y todos ellos muestran mayor longitud respecto del testigo absoluto (11.31 cm).

Figura 3.8

Prueba de Tukey de la longitud de frutos de palto Fuerte, por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes.

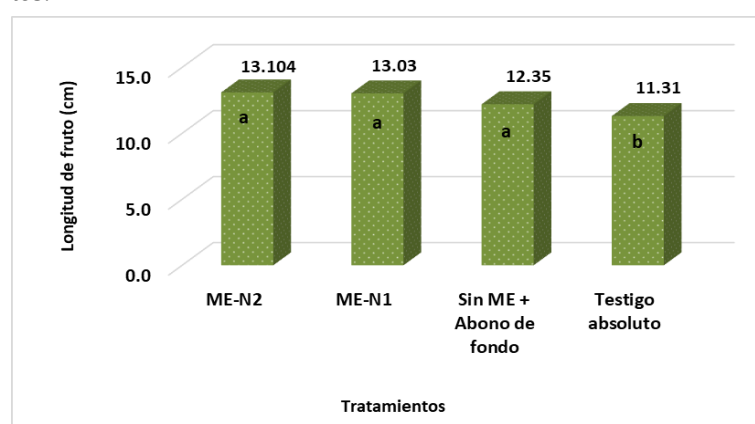
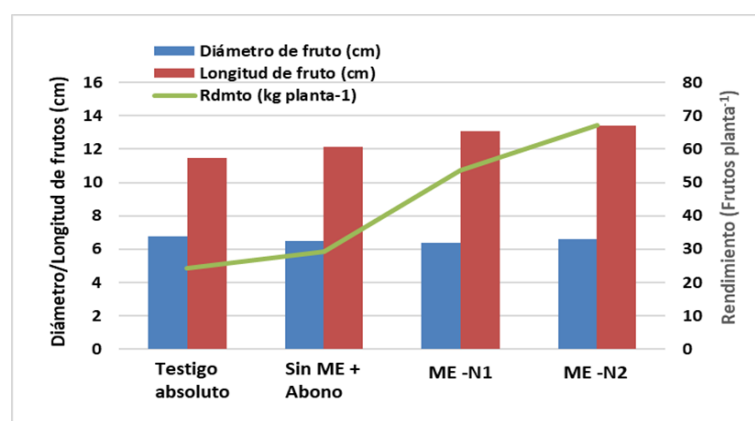


Figura 3.9

Relación del diámetro y longitud de frutos de palto Fuerte y el rendimiento (kg planta⁻¹) por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes.



Esta variable también muestra los resultados del accionar de los micronutrientes que mejoran el funcionamiento de la planta de palto y se traduce en frutos de mayor longitud, influyendo directamente en el aumento del rendimiento de frutos de palto Fuerte por planta (figura 3.9). De esta forma la aplicación de microelementos a suelos de naturaleza calcárea, de reacción moderadamente alcalina resulta adecuada, coincidiendo con lo mencionado por Zewide & Sherefu (2021) quienes concluyen que tanto macro como

micronutrientes son muy importantes para mejorar en crecimiento y desarrollo de los cultivos, que aunque fueran mínimas las cantidades son indispensables por las funciones físicas y metabólicas que cumplen Saini & Saini (2019), especialmente en regiones áridas con suelos alcalinos. Donde cada oligoelemento sustenta reacciones complejas que acentúan el crecimiento y el desarrollo (Stanton et al. 2022). Y una deficiencia o desequilibrio puede provocar alteraciones fisiológicas, disminución del rendimiento y calidad deficiente de los cultivos (Nazir Ahmed et al. 2024).

3.2 Rentabilidad económica

3.2.1. Valor bruto de producción (S/. x ha)

El ingreso bruto de producción de palto Fuerte por tratamiento se muestra en la tabla 3.8, los rendimientos obtenidos, fueron en base a precios establecidos por las empresas acopiadoras, intermediarios y comercializadores en los supermercados en Lima y Cusco. El tratamiento del segundo nivel de Microelementos (T3), presenta el mayor ingreso bruto de producción (VBP) ascendiendo a 91000.00 soles y con el Testigo (T4) se obtuvo el menor ingreso 22838.00 soles, por hectárea de producción del cultivo de palto.

La incorporación de micronutrientes permitió una diferencia significativa en los rendimientos obtenidos, la inversión en insumos como los nutrientes y capital de trabajo que demanda el cultivo de palto Fuerte durante el manejo agronómico permite aumentar el ingreso bruto.

Tabla 3.8

Rendimiento, precio de venta en campo y valor bruto de producción de palto Fuerte en Callebamba, por efecto de la aplicación de niveles de micronutrientes.

Trat.	Descripción	Rdto. (kg ha ⁻¹)	Precio (S/. x kg)	VBP (S/. x ha)
T1	Sin ME+Macr.	11784	3.5	41244
T2	Nivel 1 de ME	21448	3.5	75068
T3	Nivel 2 de ME	26000	3.5	91000
T4	Testigo	9516	2.4	22838.4

3.2.2. Costo total de producción (S/. x ha)

En la tabla 3.9 se muestra los costos directos, costos indirectos y el costo total de producción de cada tratamiento, donde los valores presentan diferencia, debido al manejo agronómico y la conducción que tuvo cada tratamiento; el tratamiento T4 (testigo) presenta el menor costo total de producción con un valor de 5053.89 soles, que no recibió ningún nutriente, a diferencia del tratamiento T3 (nivel 2 de ME) que presenta el mayor costo total de producción con un valor de 11100.19 soles, que recibió macronutrientes y micronutrientes.

Tabla 3.9*Costo total de producción en los tratamientos del cultivo de palto Fuerte*

Trat.	Descripción	Costos directos (S/. x ha)	Costo indirecto (S/. x ha)	Costo total (S/. x ha)
T1	Sin ME+Macr.	7781	1017.44	8798.44
T2	Nivel 1 de ME	9312.25	1170.57	10482.8
T3	Nivel 2 de ME	9873.5	1226.69	11100.2
T4	Testigo	4540.5	513.39	5053.89

3.2.3. Valor neto de producción (S/. x ha)

El ingreso neto de producción para cada tratamiento se muestra en la tabla 3.10, donde el tratamiento T3 (nivel 2 de ME), es el que presenta mayor ingreso neto con 79899.81 soles por hectárea de producción del cultivo de palto Fuerte; mientras que el tratamiento T4 (testigo), presenta el menor ingreso neto con 17784.51 soles, siendo el tratamiento sin aplicación de macro y micronutrientes.

Tabla 3.10*Valor neto de producción del cultivo de palto Fuerte*

Trat.	Descripción	VBP (S/. x ha)	CTP (S/. x ha)	VNP (S/. x ha)
T1	Sin ME+Macr.	41244	8798.44	32445.6
T2	Nivel 1 de ME	75068	10482.8	64585.2
T3	Nivel 2 de ME	91000	11100.2	79899.8
T4	Testigo	22838.4	5053.89	17784.5

3.2.4. Rentabilidad

En la tabla 3.11 se muestra la rentabilidad económica del experimento. El tratamiento que presenta el mayor valor de la relación Beneficio/Costo es el tratamiento T3 (nivel 2 de ME), con un valor de 7.20 soles, por tanto, se menciona que, por cada sol invertido, la ganancia es 6.20 soles, lo que nos indica que la producción de palto Fuerte con la incorporación de micronutrientes en la fertilización es rentable y el menor valor el tratamiento T4 (testigo) con 3.52 soles, obteniendo ganancia de 2.52 soles.

Tabla 3.11*Rentabilidad del cultivo de palto fuerte expresado en beneficio/costo*

Trat.	Descripción	VNP (S/. x ha)	CTP (S/. x ha)	B/C
T1	Sin ME+Macr.	32445.6	8798.44	3.69
T2	Nivel 1 de ME	64585.2	10482.82	6.16
T3	Nivel 2 de ME	79899.8	11100.19	7.2
T4	Testigo	17784.5	5053.89	3.52

CONCLUSIONES

1. Abonar al palto Fuerte en suelo alcalino con 9Fe, 31.5Zn, 5Cu, 20Mn, 11B, kg ha⁻¹ (T3) mostró influencia altamente significativa en el rendimiento de frutos planta⁻¹ con 65 kg, peso de fruto con 301 g, y en el número de frutos planta⁻¹ con 182.8 unidades, sin diferenciarse del primer nivel (6Fe, 21Zn, 2.5Cu, 10Mn, 8.25B kg. ha⁻¹), estos dos tratamientos diferenciándose respecto al tratamiento T1 que solo recibió macronutrientes y tratamiento T4 que no recibió ningún nutriente. Sin embargo, no muestra diferencia estadística en los parámetros longitud y diámetro del fruto.
2. La mayor rentabilidad en la producción de palto Fuerte, se obtuvo con el aporte del mayor nivel de micronutrientes al suelo (9Fe, 31.5Zn, 5Cu, 20Mn, 11B, kg ha⁻¹), que alcanza la cifra de 6.20 soles por cada sol invertido, superando al testigo (T4), al de menor nivel de micronutrientes (T2) y a los que recibieron solamente macroelementos (T1) en la formulación de abonamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alejandro, S., Höller, S., Meier, B. & Peiter, E. (2020). Manganese in plants: from acquisition to rangeic allocation Front. Plant Sci. 10.3389/fpls.2020.00300
- Beyer, C., Cuneo, I., Alvaro, J., & Pedreschi, R. (2021). Evaluation of aerial and root plant growth behavior, rang and nutrient use efficiency and carbohydrate dynamics for Hass avocado grown in a soilless and protected growing system. Scientia Horticulturae, 277, 109830. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109830>.
- Bonomelli, C., Gil, P., & Schaffer, B. (2019). Effect of Soil Type on Calcium Absorption and Partitioning in Young Avocado (*Persea americana* Mill.) Trees. Agronomy, 9, 837. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120837>.
- Brdar-Jokanović, M. (2020). Boron Toxicity and Deficiency in Agricultural Plants. International Journal of Molecular Sciences, 21. <https://doi.org/10.3390/ijms21041424>.
- Briat, J.F., Dubos, C., Gaymard, F. (2015). Iron nutrition, biomass production, and plant range quality. Trends Plant Sci. 20, 33–40.
- Colombo, C., Iorio, E.D., Liu, Q., Jiang, Z., & Barron, V. (2018). Iron Oxide Nanoparticles in Soils: Environmental and Agronomic Importance. J. Nanosci. Nanotechnol. 18, 761.
- Filho, J., Corte, V., Perin, I., Freitas, J., Waichert, R., & Santos, C. (2022). Effects of range oxidative stress of *Cecropia hololeuca* and *Carica papaya* plants. Anais da Academia Brasileira de Ciencias, 94 suppl 3, e20211098. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202220211098>.

- Fortis-Hernández M, Pivaral-Chávez AG, Galindo-Guzmán AP, Preciado-Rangel P, Ruiz-Ortega FJ, Trejo Valencia, R. (2024). Nanopartículas de óxido de zinc para incrementar rendimiento, compuestos bioactivos y actividad enzimática en lechuga. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 11(1): e3939. DOI: 10.19136/era.a11n1.3939.
- Goldbach, H.E., Wimmer, M.A. & Findelee, P. (2000). Discussion paper: Boron – How can the critical level be defined? *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 163, 115–121.
- Gomes, D.G., Pieretti, J.C., Rolim, W.R., Seabra, A.B., & Oliveira, H.C. (2020). Advances in nano-based delivery systems of micronutrients for a greener agricultura Advances in Nano-Fertilizers and Nano-Pesticides in Agriculture: A Smart Delivery System for Crop Improvement, 10.1016/B978-0-12-820092-6.00005-7
- Grados, R., Gurmendi, D., Gamarra, D., Anchayhua, K., Negreiros, J., & Monago, R. (2023). rangei a radio frequency robot for the range of farmlands of avocado crops in Peru. *Proceedings of the 21th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology (LACCEI 2023): “Leadership in Education and Innovation in Engineering in the Framework of Global Transformations: Integration and Alliances for Integral Development”*. <https://doi.org/10.18687/laccei2023.1.1.601>.
- Granja, F., & Covarrubias, J. (2018). Evaluation of acidifying nitrogen fertilizers in avocado ran with iron deficiency symptoms. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 18, 157-172. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162018005000702>.
- Hapuarachchi, N., Kämper, W., Wallace, H., Bai, S., Ogbourne, S., Nichols, J., & Trueman, S. (2022). Boron Effects on Fruit Set, Yield, Quality and Paternity of Hass Avocado. *Agronomy*. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061479>.
- Harish, V., Aslam, S., Chouhan, S., Pratap, Y. & Lalotra, S. (2023). Iron toxicity in plants: A Review. *International Journal of Environment and Climate Change*. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i82145>.
- Kaur, H., & Garg, N. (2021). Zinc toxicity in plants: a review. *Planta*, 253.<https://doi.org/10.1007/s00425-021-03642-z>.
- Kumar, V., Pandita, S., Sidhu, G., Sharma, A., Khanna, K., Kaur, P., Bali, A., & Setia, R. (2020). Copper bioavailability, uptake, toxicity and tolerance in plants: A comprehensive review. *Chemosphere*, 262, 127810 . <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127810>.
- Liu, M., Huang, X., Wang, R., Xu, H., & Zhu, F. (2021). Inhibition of photosynthesis in *Melia azedarach* and *Ligustrum lucidum* induced by manganese toxicity using OJIP chlorophyll a fluorescence transient. *Photosynthetica*, 59, 148-159. <https://doi.org/10.32615/PS.2021.006>.

- Minchin, P., Thorp, T., Boldingh, H., Gould, N., Cooney, J., Negm, F., Focht, E., Arpaia, M., Hu, H., & Brown, P. (2012). A range mechanism for phloem rangeicas boron in ‘Hass’ avocado (*Persea americana* Mill.) ran. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 87, 23 – 28. <https://doi.org/10.1080/14620316.2012.11512825>.
- Nazir, A., Zhang, B., Chachar, Z., Li, J., Xiao, G., Wang, Q., Hayat, F., Deng, L., Narejo, M., Bozdar, B. & Tu, P. (2024). Micronutrients and their effects on Horticultural crop quality, productivity and sustainability, Scientia Horticulturae, Volume 323,112512, ISSN 0304-4238, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112512>.
- Ramos-Aguilar, A., Ornelas-Paz, J., Tapia-Vargas, L., Ruiz-Cruz, S., Gardea-Béjar, A., Yahia, E., Ornelas-Paz, J., Pérez-Martínez, J., Rios-Velasco, C., & Ibarra-Junquera, V. (2019). The importance of the bioactive compounds of avocado fruit (*Persea americana* Mill) on human health. Biotecnia. <https://doi.org/10.18633/BIOTECNIA.V21I3.1047>.
- Saini, H., V., S. & Saini, P. (2019). Differential responses of Fe, Zn, B, Cu and Mg on growth and quality attributes of fruit crops. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 8, 01-05.
- Selladurai, R., & Awachare, C. M. (2020). Nutrient management for avocado (*Persea americana range*). Journal of Plant Nutrition, 43(1), 138–147. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1659322>
- Simonova, O., Simonov, M., & Tovstik, E. (2020). The effect of manganese(II) excess on growth and antioxidant status of barley seedlings. Agricultural Science Euro-North-East. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.4.369-378>.
- Sofy, M., Elhindi, K., Farouk, S., & Alotaibi, M. (2020). Zinc and Paclobutrazol Mediated Regulation of Growth, Upregulating Antioxidant Aptitude and Plant Productivity of Pea Plants under Salinity. Plants, 9. <https://doi.org/10.3390/plants9091197>.
- Stanton, C., Sanders, D., Krämer, D., & Podar, D. (2022). Zinc in plants: integrating homeostasis and biofortification Mol. Plant, 10.1016/j.molp.2021.12.008
- Tariq Aftab, K. R. H. (2020). Plant Micronutrients: Deficiency and Toxicity Management (Springer: Springer Nature, Cham). Doi: 10.1007/978-3-030-49856-6
- Touraine, B.; Vignols, F.; Przybyla-Toscano, J.; Ischebeck, T.; Dhalleine, T.; Wu, H.C.; Magno, C.; Berger, N.; Couturier, J.; Dubos, C.; et al. Iron-sulfur protein NFU2 is required for branched-chain amino acid synthesis in Arabidopsis roots. J. Exp. Bot. 2019, 70, 1875–1889.
- Wairich, A., De Conti, L., Lamb, T.I., Keil, R., Neves, L.O., Brunetto, G., Sperotto, R.A., Ricachenevsky, F.K., 2022. Throwing copper around: how plants control uptake, distribution, and accumulation of copper. Agronomy 12, 994. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY12050994>, 2022, Vol. 12, Page 994.